



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 エンジンの気筒内燃焼室に燃料を直接、噴射供給する燃料噴射弁を備え、該燃料噴射弁による燃料の噴射量及び噴射時期を制御するようにした火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置において、エンジンが所定の運転状態にあるときに、前記燃料噴射弁により燃料を気筒の吸気行程ないし圧縮行程初期の期間に複数回に分割して噴射させる分割噴射制御手段と、前記燃焼室の空燃比状態を検出する空燃比検出手段と、前記空燃比検出手段による検出結果に基づいて、燃料噴射弁による実際の燃料噴射量の目標値からの偏差状態を学習する学習制御手段と、前記分割噴射制御手段により燃料の分割噴射制御が行われるときであって、かつ前記学習制御手段により燃料噴射量の偏差状態を学習するときに、燃料噴射弁による1回目の噴射作動の終了から2回目の噴射作動の開始までの噴射時間間隔が所定時間間隔以上になるように、該1回目及び2回目の噴射作動の開始時期をそれぞれ設定する噴射時期設定手段とが設けられていることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【請求項2】 請求項1において、エンジンの気筒内燃焼室への吸入空気量を検出する吸入空気量検出手段が設けられ、学習制御手段は、前記吸入空気量検出手段による検出値に基づいて燃料噴射量の偏差状態を学習するように構成されていることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【請求項3】 請求項1において、分割噴射制御手段は、エンジンがアイドル運転状態にあつて、かつ学習制御手段により燃料噴射量の偏差状態を学習するときに、燃料噴射弁による燃料の分割噴射制御を行うものであり、前記分割噴射制御手段により燃料の分割噴射制御を行うときに、エンジン回転数を略一定回転数に保持する回転数保持手段が設けられていることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【請求項4】 請求項3において、回転数保持手段は、点火時期が所定の最適点火時期ないしその近傍よりも遅角側に設定されているときには、点火時期を補正することによりエンジン回転数を保持するように構成されていることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【請求項5】 請求項3において、回転数保持手段は、点火時期が所定の最適点火時期ないしその近傍に設定されているときには、燃料噴射量を補正することによりエンジン回転数を保持するように構成されていることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【請求項6】 請求項1において、所定時間間隔は、燃料噴射弁の1回目の噴射作動の終了

から該噴射作動に起因する燃料噴射量の変動が略収束するまでの時間間隔であることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【請求項7】 請求項6において、所定時間間隔は、略2.9ミリ秒であることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【請求項8】 請求項6において、噴射時期設定手段は、燃料噴射弁による1回目及び2回目の噴射作動の開始時期を、学習制御手段による学習時には噴射時間間隔が略一定時間になるように設定する一方、学習時以外は噴射時間間隔がエンジンの運転状態に応じて変化するように設定するものであることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【請求項9】 請求項8において、エンジンが定常運転状態にあつて、かつ学習制御手段により燃料噴射量の偏差状態を学習するときに、エンジンの出力トルクが略一定値になるように、点火時期を制御する点火時期制御手段が設けられていることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【請求項10】 エンジンの気筒内燃焼室に燃料を直接、噴射供給する燃料噴射弁を備え、該燃料噴射弁による燃料の噴射量及び噴射時期を制御するようにした燃料制御装置において、前記燃焼室の空燃比状態を検出する空燃比検出手段と、エンジンが所定の運転状態にあるときに、前記燃料噴射弁により燃料を気筒の吸気行程ないし圧縮行程初期の期間に複数回に分割して噴射させる分割噴射制御手段と、前記分割噴射制御手段により燃料の分割噴射制御が行われるときであつて、かつ、燃料噴射弁による1回目の噴射作動の終了から2回目の噴射作動の開始までの噴射時間間隔が所定時間間隔以上になるときに、前記空燃比検出手段からの信号に基づいて、燃料噴射弁による実際の燃料噴射量の目標値からの偏差状態を学習する学習制御手段とが設けられていることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【請求項11】 エンジンの気筒内燃焼室に燃料を直接、噴射供給する燃料噴射弁を備え、該燃料噴射弁による燃料の噴射量及び噴射時期を制御するようにした燃料制御装置において、前記燃焼室の空燃比状態を検出する空燃比検出手段と、エンジンが所定の運転状態にあるときに、前記燃料噴射弁により燃料を気筒の吸気行程ないし圧縮行程初期の期間に複数回に分割して噴射させる分割噴射制御手段と、前記分割噴射制御手段により燃料の分割噴射制御が行われるときに、前記空燃比検出手段からの信号に基づいて、燃料噴射弁による実際の燃料噴射量の目標値からの偏差状態を学習する学習制御手段とが設けられ、前記学習制御手段は、燃料噴射弁による1回目の噴射作動の終了から2回目の噴射作動の開始までの噴射時間間隔が所定時間間隔以上のときの学習値に、該噴射時間間

隔が所定時間間隔未満のときよりも大きな重み付けをするように構成されていることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エンジンの気筒内燃焼室に燃料噴射弁により燃料を直接、噴射供給するようにした火花点火式直噴エンジンに関し、特に該燃料噴射弁の個体差等に起因する噴射量のばらつき（偏差状態）を学習する学習制御の技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】従来より、一般的なガソリンエンジンの燃料制御システムでは、エンジンの運転状態に応じて、気筒への吸入空気量や燃料噴射弁による燃料噴射量を調整して、混合気の空燃比を制御するようにしている。そして、燃料噴射弁の個体差や運転環境の変化等の種々の要因によって制御性が低下することを回避するために、エンジンの排気通路にO<sub>2</sub>センサを配設し、このO<sub>2</sub>センサからの信号に基づいて燃料噴射量をフィードバック補正することが行われている。また、前記O<sub>2</sub>センサからの信号に基づいて燃料噴射量のばらつきを学習し、その学習結果を基本的な燃料制御に反映させるという技術があり、このようにすれば、前記の空燃比制御の過渡応答性を高めることができるとともに、フィードバック補正を行わないときの空燃比の制御精度も向上させることができる。

【0003】ところで、高压の燃焼室に燃料を直接噴射するようにした直噴エンジンでは、吸気ポートに燃料を噴射するようにしたポート噴射式のものに比べて、燃料の噴射圧が格段に高くなるので、必然的に燃料噴射量のばらつきが大きくなりやすい。しかも、直噴エンジンでは燃焼室に燃料を噴射できるタイミングが限られることから、燃料噴射量を確保するために燃料噴射弁の噴孔を大きくせざるを得ず、このことによっても噴射量のばらつきが大きくなりやすい。このように、直噴エンジンは燃料噴射弁の個体差による噴射量ばらつきが大きくなる傾向があるので、前記のように実際に噴射量のばらつきを学習し、その学習結果に基づいて燃料噴射弁の流量特性を補正することが提案されている（例えば、特開平5-214999号公報参照）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、前記従来の直噴エンジンは、通常、低負荷側の所定の運転領域においていわゆる成層燃焼状態で運転されるようになっており、この成層燃焼状態では、燃焼室の平均的な空燃比を極めてリーンな状態にして、燃費をかなり低減することができ一方、このように空燃比がリーンな状態ではO<sub>2</sub>センサにより空燃比状態を高精度に検出することはできないので、前記のような空燃比のフィードバック制御は行えず、また、燃料噴射量が少ないときの、即ち燃料

噴射弁の開弁時間が短いときの燃料噴射量のばらつきを実際に学習することはできない。

【0005】しかも、上述の如く燃料噴射弁の噴孔を大径化した直噴エンジン用の燃料噴射弁では、一般的に、開弁時間の極く短いときの微小流量特性がそれ以外のときの代表的な流量特性とは異なっており（図8のマップM参照）、その上に、該微小流量特性については燃料噴射弁の個体差による相違が著しく大きいという特徴がある。

【0006】つまり、直噴エンジンでは、運転頻度の高い成層燃焼領域において燃料噴射量のばらつきが特に大きくなることもあるにもかかわらず、その状態での正確な学習制御は行えないという問題があり、従って、この成層燃焼領域における燃費やエミッションに関して、大幅な改善の余地が残されている。

【0007】このような問題について、エンジンが前記成層燃焼領域にあるときでも、燃料噴射量のばらつきを学習するときだけは均一燃焼状態に切換えて、O<sub>2</sub>センサによる検出精度の高い理論空燃比状態で運転するとともに、できるだけ燃料噴射弁の開弁時間を短くさせるために、燃料を2回に分けて噴射させるようにすることが考えられる。

【0008】しかしながら、前記のように燃料を2分割して噴射させるようにすると、そのことによって燃料噴射量が大きく変動するという新しい問題のあることが判明した。例えば、図12に示す実験データによれば、燃料噴射弁を比較的短い時間間隔で2回、噴射作動させたとき、2回目の噴射作動による燃料噴射量が非常に大きく変動する不安定な状態になる。これは、①燃料噴射弁の1回目の噴射作動によって燃料圧力が大きく変動し、この圧力変動が収束しないうちに2回目の噴射作動が開始されることで、燃料噴射量が変動する、②燃料噴射弁の1回目の噴射作動時に芯弁が燃料により冷却されて、瞬間的に収縮し、このことにより2回目の噴射作動による燃料噴射量が変動する、というような理由によるものと考えられる。いずれにしても、このように不安定な状態では、燃料噴射量のばらつきを正確に学習することはできない。

【0009】本発明は斯かる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、直噴エンジンの主に成層燃焼領域における燃料噴射制御の手順に工夫を凝らし、燃料噴射弁による燃料噴射量のばらつきを、開弁時間が極く短いときを含めて、正確に学習できるようにすることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成すべく、本発明の第1の解決手段では、エンジンが成層燃焼領域にあるときでも、燃料噴射量の偏差状態を学習するときには、略理論空燃比の均一燃焼状態になるよう、燃料を主として気筒の吸気行程で噴射させるとともに、そ

のときの燃料噴射弁の噴射作動を複数回に分割し、かつ1回目及び2回目の噴射作動の間の噴射時間間隔を所定時間間隔以上に設定するようにした。

【0011】具体的に、請求項1の発明では、図1に示すように、エンジン1の気筒2内燃焼室6に燃料を直接、噴射供給する燃料噴射弁12を備え、該燃料噴射弁12による燃料の噴射量及び噴射時期を制御するようにした燃料制御装置Aを前提とする。そして、エンジン1が所定の運転状態にあるときに、前記燃料噴射弁12により燃料を気筒の吸気行程ないし圧縮行程初期の期間に複数回に分割して噴射させる分割噴射制御手段40aと、前記燃焼室6の空燃比状態を検出する空燃比検出手段300と、該空燃比検出手段300による検出結果に基づいて、燃料噴射弁12による実際の燃料噴射量の目標値からの偏差状態を学習する学習制御手段40bと、前記分割噴射制御手段40aにより燃料の分割噴射制御が行われるときであって、かつ前記学習制御手段40bにより燃料噴射量の偏差状態を学習するときに、燃料噴射弁12による1回目の噴射作動の終了から2回目の噴射作動の開始までの噴射時間間隔が所定時間間隔以上になるように、該1回目及び2回目の噴射作動の開始時期をそれぞれ設定する噴射時期設定手段40cとを設ける構成とする。尚、前記気筒の圧縮行程初期の期間というのは、例えば気筒の圧縮行程で吸気バルブが閉じるまでの期間である。

【0012】前記の構成により、エンジン1が所定運転状態にあるとき、燃料噴射弁12により燃料が気筒2の吸気行程ないし圧縮行程初期の期間に複数回に分割して噴射されるときに、学習制御手段40bにより、空燃比検出手段300による検出値に基づいて、実際の燃料噴射量のばらつき（偏差状態）が学習される。すなわち、エンジン1を略理論空燃比で運転しながら、燃料を分割して噴射させることによって、燃料噴射弁12の開弁時間が相対的に短いときの燃料噴射量ばらつきを精度良く学習することが可能になる。

【0013】しかも、この際、燃料噴射弁12の1回目及び2回目の噴射作動の開始時期 $t_{htin1}$ 、 $t_{htin2}$ を、それぞれ、該1回目の噴射作動の終了から2回目の噴射作動の開始までの噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔以上になるように設定することで、該2回目の噴射作動時の燃料噴射量の変動を低減して、学習精度の低下を防止することができる。そして、そのように燃料噴射量ばらつきを正確に学習することができれば、この学習結果に基づいて燃料噴射量を補正することで、フィードバック制御の行えない成層燃焼領域においても燃料噴射量のばらつきを解消して、燃費やエミッションを大幅に低減することが可能になる。尚、前記図1において噴射時期設定手段40cによる燃料噴射弁12の噴射開始時期の設定方法を模式的に示しているが、この模式図において「オン」と記しているのは燃料噴射弁12の開弁に対応し、

一方、「オフ」と記しているのは燃料噴射弁12の閉弁に対応している。

【0014】請求項2の発明では、エンジンの気筒内燃焼室への吸入空気量を検出する吸入空気量検出手段を設け、学習制御手段は、前記吸入空気量検出手段による検出値に基づいて燃料噴射量の偏差状態を学習するものとする。こうすることで、エンジンの気筒内燃焼室の空燃比状態と吸入空気量とに基づいて、実際の燃料噴射量を精度良く求めることができるので、燃料噴射量のばらつきを高精度に学習できる。

【0015】請求項3の発明では、分割噴射制御手段は、エンジンがアイドル運転状態にあつて、かつ学習制御手段により燃料噴射量の偏差状態を学習するときに、燃料噴射弁による燃料の分割噴射制御を行うものとし、前記分割噴射制御手段により燃料の分割噴射制御を行うときに、エンジン回転数を略一定回転数に保持する回転数保持手段を設ける構成とする。

【0016】この構成では、エンジンがアイドル運転状態にあるときに、燃料の分割噴射制御を行うことで、燃料噴射弁の開弁時間が極く短いときの燃料噴射量ばらつきを学習することができ、これにより、燃料噴射弁の微小流量特性を正確に把握して、エンジンが成層燃焼領域でアイドル運転状態になっているときでも、燃料噴射制御の精度を向上させることができる。また、その学習のときに、例えば外部負荷がオンオフされたり、エンジン水温が変化しても、回転数保持手段によりエンジン回転数が略一定回転数に保持されるので、学習時のエンジンの運転状態の変化を抑制して、学習精度をさらに向上できる。

【0017】請求項4の発明では、請求項3の発明における回転数保持手段は、点火時期が所定の最適点火時期ないしその近傍よりも進角側に設定されているときに、点火時期を補正することによりエンジン回転数を保持するものとする。このことで、エンジンの点火時期を最適点火時期よりも進角側の範囲で進角又は遅角させることなく、エンジン回転数を略一定回転数に保持することができる。

【0018】請求項5の発明では、請求項3の発明における回転数保持手段を、点火時期が所定の最適点火時期ないしその近傍に設定されているときには、燃料噴射量を補正することによりエンジン回転数を保持するものとする。このことで、エンジンの点火時期が最適点火時期ないしその近傍に設定されているときには、事実上、点火時期を進角補正することはできないので、このような場合には燃料噴射量を増大又は減少することにより、エンジン回転数を略一定回転数に保持することができる。

【0019】請求項6の発明では、所定時間間隔は、燃料噴射弁の1回目の噴射作動の終了から該噴射作動に起因する燃料噴射量の変動が略収束するまでの時間間隔と

し、請求項7の発明では、具体的に、前記時間間隔を略2.9ミリ秒とする。

【0020】こうすることで、燃料噴射弁の1回目の噴射作動による燃料圧力の変動や芯弁の収縮等に起因する燃料噴射量の変動が概ね収束した後に、2回目の噴射作動が行われるので、燃料噴射量の変動による悪影響を排除して、請求項1の発明による作用効果を十分に得ることができる。

【0021】請求項8の発明では、請求項6における噴射時期設定手段は、燃料噴射弁による1回目及び2回目の噴射作動の開始時期を、学習制御手段による学習時には噴射時間間隔が略一定時間になるように設定する一方、学習時以外は噴射時間間隔がエンジンの運転状態に応じて変化するように設定するものとする。

【0022】こうすることで、燃料噴射ばらつきの学習時以外は、エンジン回転数や燃料噴射量等の変化に応じて、燃料噴射と吸気との混合を促進できるように燃料噴射の時期を設定して、燃費性能等を十分に高めることができる一方、学習時には分割噴射における噴射時間間隔を略一定に固定することで、2回目の噴射作動による燃料噴射量の変動を解消して、学習精度を可及的に高めることができる。

【0023】請求項9の発明では、請求項8の発明において、エンジンが定常運転状態にあって、かつ学習制御手段により燃料噴射量の偏差状態を学習するときに、エンジンの出力トルクが略一定値になるように、点火時期を制御する点火時期制御手段を設けるものとする。

【0024】すなわち、エンジンが定常運転状態にあるときに、燃料噴射量ばらつきの学習時と非学習時との切替に伴い噴射時間間隔が変わっても、そのことによるトルク変動を防止することができる。

【0025】次に、本発明の第2の解決手段では、吸気行程分割噴射を行うときであって、かつその1回目及び2回目の噴射作動の間の噴射時間間隔が所定時間間隔以上になるときにのみ、燃料噴射量の偏差状態を学習するようにした。

【0026】すなわち、請求項10の発明は、エンジンの気筒内燃焼室に燃料を直接、噴射供給する燃料噴射弁を備え、該燃料噴射弁による燃料の噴射量及び噴射時期を制御するようにした燃料制御装置を前提とし、前記燃焼室の空燃比状態を検出する空燃比検出手段と、エンジンが所定の運転状態にあるときに、前記燃料噴射弁により燃料を気筒の吸気行程ないし圧縮行程初期の期間に複数回に分割して噴射させる分割噴射制御手段と、該分割噴射制御手段により燃料の分割噴射制御が行われるときであって、かつ、燃料噴射弁による1回目の噴射作動の終了から2回目の噴射作動の開始までの噴射時間間隔が所定時間間隔以上になるときに、前記空燃比検出手段からの信号に基づいて、燃料噴射弁による実際の燃料噴射量の目標値からの偏差状態を学習する学習制御手段とを

設ける構成とする。

【0027】この構成によれば、燃料噴射弁による分割噴射の噴射時間間隔が所定時間間隔以上のときにのみ、学習制御手段により燃料噴射量の偏差状態が学習されるので、請求項1の発明と同じく2回目の噴射作動時の燃料噴射量の変動が十分に小さい状態で、燃料噴射量ばらつきを精度良く学習することができる。

【0028】次に、本発明の第3の解決手段では、吸気行程分割噴射を行うときに、燃料噴射量の偏差状態を学習するとともに、該燃料噴射弁の1回目及び2回目の噴射作動の間の噴射時間間隔が所定時間間隔以上のときには、そうでないときに比べて、学習結果に大きな重み付けをするようにした。

【0029】すなわち、請求項11の発明は、エンジンの気筒内燃焼室に燃料を直接、噴射供給する燃料噴射弁を備え、該燃料噴射弁による燃料の噴射量及び噴射時期を制御するようにした燃料制御装置を前提とする。そして、前記燃焼室の空燃比状態を検出する空燃比検出手段と、エンジンが所定の運転状態にあるときに、前記燃料噴射弁により燃料を気筒の吸気行程ないし圧縮行程初期の期間に複数回に分割して噴射させる分割噴射制御手段と、該分割噴射制御手段により燃料の分割噴射制御が行われるときに、前記空燃比検出手段からの信号に基づいて、燃料噴射弁による実際の燃料噴射量の目標値からの偏差状態を学習する学習制御手段とを設け、この学習制御手段を、燃料噴射弁による1回目の噴射作動の終了から2回目の噴射作動の開始までの噴射時間間隔が所定時間間隔以上のときの学習値に、該噴射時間間隔が所定時間間隔未満のときよりも大きな重み付けをする構成とする。

【0030】この構成によれば、請求項10の発明と同じく、燃料噴射弁による分割噴射の噴射時間間隔が所定時間間隔以上のときに、学習制御手段により燃料噴射量の偏差状態を正確に学習できるとともに、該噴射時間間隔が所定時間間隔未満であっても学習制御手段による学習を行うことで、エンジン運転中の学習頻度を高めることができる。しかも、学習の信頼性に応じて学習値に重み付けをすることで、学習精度の低下を最小限度に抑制できる。

【0031】

【発明の実施の形態】（全体構成）図2は本発明の実施形態に係る火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置Aの全体構成を示し、1は車両に搭載された多気筒ガソリンエンジンである。このエンジン1は複数の気筒2、2、…（1つのみ図示する）が直列に設けられたシリンダブロック3と、このシリンダブロック3上に配置されたシリンダヘッド4とを有し、該各気筒2内にピストン5が図の上下方向に往復動可能に嵌挿されていて、そのピストン5の頂面とシリンダヘッド4の底面との間の気筒2内に燃焼室6が区画されている。一方、前記ピストン5

よりも下方のシリンダブロック3内にはクランク軸7が回転自在に支持されていて、このクランク軸7及びピストン5がコネクティングロッドにより駆動連結されている。また、クランク軸7の一端側にはその回転角度を検出する電磁式のクランク角センサ8が配設されており、さらに、シリンダブロック3内のウォータージャケットに臨んで、冷却水温度（エンジン水温）を検出する水温センサ9が配設されている。

【0032】前記各気筒2毎の燃焼室6上方のシリンダヘッド4内には、点火回路10に接続された点火プラグ11が燃焼室6の上部に臨むように取り付けられる一方、燃焼室6の周縁部には燃料を直接噴射供給するようにインジェクタ（燃料噴射弁）12が取り付けられている。すなわち、図3にも示すように、シリンダヘッド3の底面には各気筒2毎に2つの傾斜面からなる凹陥部が形成され、この各傾斜面に吸気及び排気ポート13、14がそれぞれ2つずつ開口していて、その各開口端を開閉するように吸気及び排気バルブ15、15、…が配設されている。前記吸気ポート13、13はそれぞれ燃焼室6から斜め上方に向かって直線的に延びて、エンジン1の側面（図2の左側面）に開口しており、一方、前記排気ポート14、14はそれぞれ略水平に延びて、エンジン1の他側面（図2の右側面）に開口している。

【0033】また、前記インジェクタ12は、2つの吸気ポート13、13に挟まれるようにその下方に配置されている。このインジェクタ12の先端側噴孔は2つの吸気バルブ15、15の傘部に近接して燃焼室6の周縁部に臨み、該燃焼室6に側方から燃料を噴射するようになっている。一方、インジェクタ12は全気筒に共通の燃料供給通路17を介して高圧燃料ポンプ18に接続されており、この高圧燃料ポンプ18と図外の高圧プレッシャレギュレータとによって燃料を適正な圧力状態に調節しながら、インジェクタ12に供給するようになっている。また、前記燃料供給通路17には、燃料圧力（燃圧）を検出するための燃圧センサ19が設けられている。そして、前記インジェクタ12により燃料が気筒2の圧縮行程中期以降に噴射されると、その燃料噴霧はピストン5の頂面に形成された長円状のキャビティ5aにトラップされて、点火プラグ11付近に相対的に濃い混合気の層が形成される。一方、前記インジェクタ12により燃料が気筒2の吸気行程で噴射されると、その燃料噴霧は燃焼室6に拡散して吸気と混合されて、略均一な混合気が形成される。

【0034】前記図2に示すように、エンジン1の側面には、吸気ポート13に連通するように吸気通路20が接続されている。この吸気通路20は、エンジン1の燃焼室6に対し図外のエアクリーナで濾過した吸気を供給するものであり、その上流側から下流側に向かって順に、燃焼室6に吸入される吸入空気量を検出するホットワイヤ式エアフローセンサ21（吸入空気量検出手段）

と、吸気通路20を絞る電気式スロットル弁22と、サージタンク23とがそれぞれ配設されている。前記電気式スロットル弁22は、図外のアクセルペダルに対し機械的には連結されておらず、電動モータにより駆動されて開閉するようになっている。さらに、前記スロットル弁22の開度を検出するスロットル開度センサ24と、該スロットル弁22よりも下流の吸気の圧力状態を検出するための吸気圧センサ25とがそれぞれ配設されている。

【0035】また、前記サージタンク23よりも下流側の吸気通路20は、気筒2毎に分岐する独立通路とされていて、その各独立通路の下流端部がさらに2つに分岐してそれぞれ吸気ポート8、8に連通しており、その分岐路のうちの一方にスワール制御弁26が設けられている。このスワール制御弁26は図3にも示すようにバタフライバルブからなるもので、アクチュエータにより駆動されて開閉される。そして、このスワール制御弁26が閉じられると、吸気は殆どが他方の分岐路のみから燃焼室6に流入して、この燃焼室6に強いスワールが生成される一方、スワール制御弁26が開くにつれて、両方の分岐路から吸気が吸い込まれるようになり、吸気のタンプル成分が強まるとともに、スワール成分が弱まるようになっている。前記エンジン1の他側面には、燃焼室6から燃焼ガス（排気）を排出する排気通路28が接続されている。この排気通路28の上流端部は、各気筒2毎に分岐して排気ポート14に連通する排気マニホルド29からなり、該排気マニホルド29の集合部には排気中の酸素濃度を検出するO<sub>2</sub>センサ30が配設されている。このO<sub>2</sub>センサ30は排気中の酸素濃度に基づいて空燃比を検出するための空燃比検出手段に対応し、この実施形態では、図9に例示するように、理論空燃比を境に出力がステップ状に反転するいわゆるラムダセンサが用いられているが、これに限らず、理論空燃比を含む広い範囲で酸素濃度に応じたリニアな出力の得られるいわゆるリニアセンサを用いることも可能である。

【0036】また、前記排気マニホルド29の集合部には排気管31の上流端が接続されており、この排気管31の下流端には排気を浄化するための触媒32が接続されている。この触媒32は、排気中の酸素濃度が高い（例えば4%以上の）酸素過剰雰囲気中でNO<sub>x</sub>を吸収する一方、酸素濃度の低下によって吸収したNO<sub>x</sub>を放出しかつ還元浄化するNO<sub>x</sub>吸収還元タイプのもので、特に理論空燃比近傍では、いわゆる三元触媒と同様の高い排気浄化性能を発揮するものである。

【0037】さらに、前記排気管31の上流側には、排気通路28を流れる排気の一部を吸気系に還流させるEGR通路33の上流端が分岐接続されている。このEGR通路33の下流端は前記スロットル弁22とサージタンク23との間の吸気通路20に接続され、その近傍には開度調節可能な電気式のEGR弁34が配設されてい



て、EGR通路33による排気の還流量を調節するようになっている。

【0038】前記点火プラグ11の点火回路10、インジェクタ12、電気式スロットル弁22の駆動モータ、スワール制御弁26のアクチュエータ、電気式EGR弁34のアクチュエータ等はコントロールユニット40（以下、ECUという）によって作動制御されるようになっている。一方、このECU40には、少なくとも、前記クランク角センサ8、水温センサ9、エアフローセンサ21、スロットル開度センサ24、吸気圧センサ25及びO2センサ30の各出力信号が入力されており、加えて、アクセルペダルの開度（アクセル操作量）を検出するアクセル開度センサ35の出力信号と、図示しないが、吸気温度を検出する吸気温度センサ、大気圧を検出する大気圧センサ等の各出力信号が入力されている。

【0039】（エンジン制御の概要）前記ECU40は、エンジン出力に係る制御パラメータとして、インジェクタ12による燃料噴射量及び噴射時期、スロットル弁22により調節される吸入空気量、スワール制御弁26により調節される吸気スワール強さ、EGR弁34により調節される排気の還流量割合等をそれぞれエンジン1の運転状態に応じて制御するものである。これにより、エンジン1はその運転状態に応じてインジェクタ12による燃料噴射の形態が切替えられて、異なる燃焼状態（運転モード）で運転される。

【0040】すなわち、例えば図4に示すように、エンジン1の過周時には低負荷低回転側の所定領域（イ）が成層燃焼領域とされ、図5（a）に示すように、インジェクタ12により燃料を気筒2の圧縮行程中期以降に一括して噴射させて、点火プラグ11の近傍に混合気が偏在する成層状態で燃焼させる燃焼モードになる。この成層燃焼モードでは、エンジン1のポンプ損失を低減するためにスロットル弁22の開度を大きくするとともに、後述の如く多量の排気を還流させるようにしており、このときの燃焼室6の平均的な空燃比は非常にリーンな状態（例えば $A/F=30$ くらい）になる。尚、前記図5は、エンジンの燃料噴射時期、即ちインジェクタ12の噴射作動を模式的に示したタイムチャート図であるが、同図において「オン」と記しているのは、インジェクタ12の芯弁がリフトして噴孔から燃料の噴射される開弁状態に対応し、一方、「オフ」と記しているのは、インジェクタ12の芯弁により噴孔が閉ざされている閉弁状態に対応している。

【0041】一方、前記領域（イ）以外の運転領域（ロ）（ハ）（ニ）は全て均一燃焼領域とされており、図5（b）（c）に示すように、インジェクタ12により燃料を気筒2の吸気行程で噴射させて吸気と十分に混合し、燃焼室6に均一な混合気を形成した上で燃焼させる燃焼モードになる。この均一燃焼領域のうちの領域（ロ）（ハ）（ニ）では、燃焼室6における混合気

の空燃比が略理論空燃比（ $A/F=14.7$ 、 $\lambda=1$ ）になるように、燃料噴射量やスロットル開度等を制御しており（以下、ストイキオモードという）、そのうちの相対的に中負荷中回転の領域（ハ）では、同図（b）に示すように、インジェクタ12により燃料を吸気行程前期ないし中期の期間に2分割して噴射させるようにしている。これにより、燃料噴霧は燃焼室6への吸気流速の違い期間に十分に拡散し、かつ吸気と混合されて、良好な均一燃焼状態になり、燃費やエミッションの低減が図られる。また、均一燃焼領域における高負荷ないし高回転側の運転領域（ホ）では、空燃比を理論空燃比よりもリッチな状態（例えば $A/F=13\sim14$ ）に制御して、高負荷に対応した大出力が得られるようにしている（以下、エンリッチモードという）。尚、前記領域（ハ）における燃料の分割噴射は、気筒2の吸気行程から圧縮行程初期の期間に行うようにしてもよい。

【0042】また、前記各運転モードにおいて、インジェクタ12による燃料の噴射時期（開弁時期）をエンジン1の運転状態に応じて変更設定するようにしている。例えば成層燃焼モードでは、気筒2の圧縮行程で噴射した燃料の気化霧化のための時間を確保しながら、この燃料噴霧が点火プラグ11付近を中心に適切に成層化されるように、燃料噴射時期を主に燃料噴射量やエンジン回転数に応じて設定する。一方、ストイキオモードやエンリッチモードで燃料を一括して噴射する場合には、燃料の気化霧化や拡散、及び吸気との混合を効率良く促進するために、その燃料の噴射を吸気行程の中期頃までに終了させることが好ましいので、そうなるように、燃料噴射時期を主として燃料噴射量に応じて設定する。また、燃料を2分割して噴射させる場合には、前記のような条件の他にインジェクタ12の1回目の噴射作動を終了してから2回目の噴射作動を開始するまでの噴射時間間隔 $\Delta t$ を適切に設定することが好ましいので、このことも考慮して、インジェクタ12の1回目及び2回目の開弁時期をそれぞれ設定するようにしている。

【0043】さらに、同図に斜線を入れて示す領域では、EGR弁34を開弁させて、EGR通路33により排気の一部を吸気通路20に還流させるようにしており、このことで、排気の還流により燃焼室6の熱容量を増大させて、燃焼に伴う $NO_x$ の発生を抑制することができる。特に領域（ハ）では、燃料の分割噴射によって燃料と吸気との混合を促進して燃焼安定性を向上させているので、比較的エンジン負荷の高い状態であっても、十分な量の排気を還流させることができる。尚、エンジン冷周時には、燃焼安定性を確保するためにエンジン1の全ての運転領域を均一燃焼領域としている。

【0044】（燃料噴射制御）上述の如く、この実施形態ではエンジン1の運転状態に応じて運転モードを切替えるとともに、インジェクタ12により噴射した燃料の燃焼状態が燃費性能や排気清浄化の両立という観点から

最適なものになるように、燃料噴射時期を変更するようにしている。以下に、エンジン1の基本的な燃料噴射制御の処理手順を具体的に図6に示すフローチャート図に沿って説明する。

【0045】まず、スタート後のステップSA1において、クランク角センサ8、水温センサ9、燃圧センサ19、エアフローセンサ21、吸気圧センサ25、アクセル開度センサ35等の各種センサ信号を受け入れるとともに、ECU40のメモリから各種データを入力する。続いて、ステップSA2において、クランク角センサ8からの出力に基づいて演算されるエンジン回転数 $ne$ とエアフローセンサ21からの出力とに基づいて、吸気充填効率 $ce$ を演算する。続いて、ステップSA3において、エンジン1の目標負荷 $Piobj$ を演算する。この目標負荷 $Piobj$ は、図7(a)に示すように、アクセル開度 $acc$ とエンジン回転数 $ne$ に対応する値が予め実験的に決定されて、ECU40のメモリにマップとして記憶されており、このマップから読み出されるようになっている。

【0046】続いて、ステップSA4では、前記ステップSA3で求めた目標負荷 $Piobj$ とエンジン回転数 $ne$ とに基づいて、図7(b)に示すようにエンジン1の運転モードを目標負荷 $Piobj$ とエンジン回転数 $ne$ に対応づけて設定したマップから成層燃焼領域であるかどうかを判定する。この判定結果がYESであれば、ステップSA5に進んでエンジン1の目標空燃比 $afw$ を演算し、続いて、ステップSA6において燃料噴射時期 $thtinj$ 、即ちインジェクタ12の開弁開始時期を演算して、ステップSA11に進む。ここで、前記目標空燃比及び燃料噴射時期の値は、それぞれ、図7(c)、(d)に示すように、目標負荷 $Piobj$ とエンジン回転数 $ne$ に対応する最適な値が予め実験的に決定され、ECU40のメモリにマップとして記憶されていて、このマップから読み出されるようになっている。つまり、成層燃焼状態ではエンジン1の目標負荷 $Piobj$ に応じて燃料噴射量が決定される。

【0047】一方、前記ステップSA4において、成層燃焼領域でないNOと判定されれば、続くステップSA7、SA8において、それぞれ目標空燃比 $afw$ と気筒2の吸気行程における燃料噴射時期 $thtinj1$ 、 $thtinj2$ とを演算する。この目標空燃比及び燃料噴射時期の値も、図7(e)、(f)にそれぞれ示すように、吸気充填効率 $ce$ とエンジン回転数 $ne$ に対応する最適な値が予め実験的に決定され、ECU40のメモリにマップとして記憶されていて、このマップから読み出されるようになっている。つまり、均一燃焼状態では気筒2の実際の吸気充填効率 $ce$ に応じて燃料噴射量が決定される。また、前記燃料噴射時期 $thtinj1$ 、 $thtinj2$ は、領域(ロ)(二)に対応する運転状態では、1回目の燃料噴射時期 $thtinj1$ だけが設定され、また、領域(ハ)に対応する運転状態では、1回目及び2回目の両方の燃料噴射時期 $thtinj1$ 、

$thtinj2$ が設定される。

【0048】前記ステップSA8に続くステップSA9では、O2センサ30からの出力信号に基づく空燃比のフィードバック制御を行えるか(F/B条件成立か)どうかを判定する。例えば、エンジン水温が所定温度以上でO2センサ30が正確に作動する状態になっていて、かつエンジン1の運転モードがストイキオモード(領域(ロ)(ハ)(二))になっていれば、フィードバック条件が成立しているYESと判定してステップSA10に進み、O2センサ30からの出力信号に基づいて燃料噴射量のフィードバック補正値 $cfb$ を演算して、ステップSA11に進む。一方、エンジン水温が低いか或いはエンリッチモードであれば、フィードバック条件は成立していないNOと判定し、そのまま(  $cfb=0$  )でステップSA11に進む。

【0049】前記ステップSA6、ステップSA9又はステップSA10に続いて、ステップSA11では、前記のように求めた目標空燃比 $afw$ になるように、主としてその目標空燃比 $afw$ と吸気充填効率 $ce$ とに基づいて、目標燃料噴射量 $qi$ を演算する。

【0050】

$qi = KGKF \times (ce/afw) \times cdpf \times (1+cfb+ctotal)$   
前記演算式における右辺第1項のKGKFは従来周知の流量変換係数であり、第3項の $cdpf$ は燃圧や気筒内圧に応じた補正係数であり、第4項の $ctotal$ はエンジン水温等の各種運転条件に応じた補正値である。このフローでは、前記のようにエンジン1が領域(ロ)(ハ)(二)にあるときに、O2センサ30からの出力に基づいてフィードバック補正値 $cfb$ が演算され、前記の演算式により燃料噴射量がフィードバック制御される。一方、成層燃焼領域(イ)では、 $cfb=0$ となるので、燃料噴射量の制御はフィードフォワード制御になる。

【0051】そして、このステップSA11では、気筒2の吸気行程で燃料を2分割して噴射させる場合(領域(ハ))には、前記のように演算した目標燃料噴射量 $qi$ を略等分して、それぞれ1回目及び2回目の目標燃料噴射量 $qi1$ 、 $qi2$ とする。尚、エンジン1の運転状態に応じて前記1回目及び2回目の目標燃料噴射量の分割比率を変更し、例えば、所定の運転状態において噴射時間間隔 $\Delta t$ を十分に長く確保できるように、1回目の目標燃料噴射量 $qi1$ を2回目よりも少なく設定するようにしてもよい。

【0052】前記ステップSA11に続いて、ステップSA12では、前記の演算した目標噴射量 $qi1$ 、 $qi2$ に基づき、例えば図8に実線で示すようなインジェクタ12の流量特性マップMに従って、噴射パルス幅 $Ti$ を演算する。そして、続くステップSA13では、クランク角センサ8からの信号に基づいて、1回目及び2回目の噴射時期 $thtinj1$ 、 $thtinj2$ をそれぞれ判定し、噴射時期になれば、インジェクタ12に噴射パルス $Ti$ を出力して燃料



噴射を実行させ、しかる後にリターンする。

【0053】前記図6に示すフローのステップSA7～SA13の各ステップの処理手順は、エンジン1が均一燃焼状態の領域（ハ）にあるときに、インジェクタ12により燃料を気筒2の吸気行程で2回に分割して噴射させる分噴射制御手段40aに対応している。

【0054】（フィードバック補正値の演算）次に、前記図6のステップSA10におけるフィードバック補正値cfbの演算手順について、図9～図11に沿って具体的に説明する。

【0055】まず、エンジン1の排気通路28に配設されたO2センサ30の出力（起電力）は、例えば図9に示すように、排気中の酸素濃度が略理論空燃比に対応する濃度（例えば、略0.5%）になっているときに基準値E1になるが、それよりも空燃比がリッチになれば急増する一方、それよりもリーンになれば急減する。そこで、図10のフローチャート図に示すように、まず、スタート後のステップSB1においてO2センサ30からの出力Eを基準値E1と比較し、 $E > E1$ でないNOならばステップSB5に進む一方、 $E > E1$ でYESであればステップSB2に進む。このステップSB2では、今度は前回の制御サイクルにおいてセンサ出力Eが基準値E1以下であったかどうか判定し、この判定がYESであれば（ $E \leq E1$ ）ステップSB3に進んで、フィードバック補正値cfbの前回値から相対的に大きい比例制御ゲインCpを減算して、その今回値を算出する。一方、前記出力 $E > E1$ でNOであれば、ステップSB4に進んで、フィードバック補正値cfbの前回値から相対的に小さい積分制御ゲインCiを減算して、その今回値を算出する。

【0056】一方、前記ステップSB2で $E > E1$ でないNOと判定されて進んだステップSB5では、前記ステップSB2～SB4と同様にして、空燃比フィードバック補正値cfbを算出する。すなわち、前回の制御サイクルでセンサ出力Eが基準値E1よりも大きかったかどうか判定し、この判定がYESであればステップSB6に進んで、フィードバック補正値cfbの前回値に比例制御ゲインCpを加算して、今回値を算出する一方、 $E > E1$ でなかったNOであればステップSB7に進んで、フィードバック補正値cfbの前回値に積分制御ゲインCiを加算する。

【0057】つまり、図11に示すように、排気空燃比がリッチ側で、O2センサ30の出力Eが基準値E1よりも大きい間は、フィードバック補正値cfbから制御ゲインCp、Ciを減算してその値を減少させることで、インジェクタ12による燃料噴射量を減少補正する一方、反対に、センサ出力Eが基準値E1よりも小さい間は、フィードバック補正値cfbに制御ゲインCp、Ciを加算してその値を増大させることで、燃料噴射量を増大補正するようにしている。このことで、燃焼室6の空燃比は

理論空燃比を挟んでリッチ側及びリーン側の両側に周期的に変化しつつ、理論空燃比近傍の値に制御される。

【0058】（インジェクタ流量特性の学習補正）本発明の特徴は、インジェクタ12の個体差等による燃料噴射量のばらつきを補正するために、フィードバック補正値cfbに基づいてインジェクタ流量特性マップMを補正するようにした学習補正制御の手順にある。

【0059】すなわち、前記インジェクタ12の流量特性は、前記図8のマップM、M'に示すように、噴射パルス幅が極く小さいとき（ $Ti < Ti^*$ ）の微小流量特性がそれ以外のとき（ $Ti \geq Ti^*$ ）の代表的な流量特性とは異なっている。この代表的な流量特性は、噴射パルス幅Tiの広い範囲に亘ってその噴射パルス幅Tiと燃料噴射量qとが比例する略線形の特性格で表される。一方、微小流量特性は個々のインジェクタ12によって大きく相違するものであるが、1つのインジェクタ12については十分な再現性が得られる。

【0060】このようなインジェクタ12による燃料噴射量の制御精度を高めるためには、噴射パルス幅Tiと燃料噴射量qとがリニアな対応関係を示す範囲b、c、d、eにおいて、実際の燃料噴射量のばらつきを学習して、インジェクタ12の代表的な流量特性を正確に把握するとともに、微小流量特性に対応する噴射パルス幅Tiの極く小さい範囲aについても、実際の燃料噴射量のばらつきを学習する必要がある。

【0061】そこで、この実施形態では、エンジン1が本来的に吸気行程分割噴射を行う領域（ハ）にあるとき（図4の領域マップにおける範囲c、d）、及び吸気行程一括噴射を行う領域（ロ）（二）にあるとき（同じく範囲e）に、それぞれO2センサ30からの信号に基づいて、燃料噴射量のばらつきを学習するとともに、エンジン1がアイドル運転状態になっているときに、強制的に吸気行程一括噴射として、範囲bについての学習を、また、このときに2分割噴射とすることで、範囲aについての学習をそれぞれ行うようにしている。特に、この範囲aについては、前記のようにインジェクタ12の個体差によるばらつきの大きいところなので、学習を行う必要性が高い。

【0062】しかし、前記範囲a、c、dのようにインジェクタ12により燃料を2回に分割して噴射させるときに、その噴射作動の間の噴射時間間隔 $\Delta t$ が短くなると、2回目の噴射作動によって噴射される燃料の量が大きく変動する不安定な状態になり、このときの燃料噴射量ばらつきの学習結果が著しく信頼性を欠くものになることがある。特に、範囲cのようなエンジン1の高回転側では、同じクランク角間隔に対応する時間間隔が相対的に短くなるので、このような現象の起きる可能性が極めて高い。また、斯かる不具合の起きる原因としては、例えば、インジェクタ12の内部では1回目の噴射作動に伴い燃料圧力が瞬間的に大きく低下し、このときに発

生した圧力波が燃料供給通路17内を伝播して燃料供給系統を加振することによって、インジェクタ12に供給される燃料圧力が大きく変動することによって考えられる。

【0063】例えば、本実施形態のエンジン1と同様の燃焼室構造を有するガソリンエンジンを用いて行った実験データを図12に示す。この実験ではエンジン回転数を1500rpm又は3000rpmのいずれかに維持する一方で、1回目の燃料噴射量、エンジン水温、点火タイミング等を種々変更しながら実際の燃料噴射量の目標値からの偏差量を計測している。この計測値には実験に使用したインジェクタの個体ばらつきや計測の誤差が含まれることを考慮すれば、インジェクタ12の2回目の噴射作動による燃料噴射量の偏差量は、噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定の時間間隔 $\Delta t_0$ (図例では2.9ミリ秒)になるまではかなり大きく変動するが、一方、噴射時間間隔 $\Delta t$ が前記所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上になれば、速やかに収束に向かうことができる。

【0064】そして、前記のように燃料噴射量が大きく変動すると、インジェクタ12の個体差等による燃料噴射量のばらつきを精度良く学習することは困難なので、この実施形態の燃料制御装置Aでは、上述の如き試験結果に基づき、本発明の特徴部分として、インジェクタ12により燃料を2回に分割して噴射させるときであって、かつ該インジェクタ12による燃料噴射量ばらつきを学習するときには、前記1回目及び2回目の噴射作動の開始時期をその間の噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔以上になるようにそれぞれ設定することとした。

【0065】次に、燃料噴射量の学習制御の処理手順を図13～図15に基づいて説明する。まず、図13に示すフローのスタート後のステップSC1において、クラック角センサ8、エアフローセンサ21、O2センサ30、アクセル開度センサ35等の各種センサ信号を受け入れるとともに、ECU40のメモリから各種データを入力する。続いて、ステップSC2では、アクセル開度acc及びエンジン回転数neに基づいて、エンジン1がアイドル運転状態であるかどうか判定する。この判定がNOであれば、図15に示すフローのステップSD1に進む一方、判定がYESであればステップSC3に進み、今度は学習判定フラグFirnがオフ状態かどうか判定する。この学習判定フラグFirnは、エンジン1がアイドル運転状態になっているときの、即ち範囲a、bについての学習が完了したことを示すもので、この判定結果がNOでフラグがオン状態になっていれば(Firn=1)、既に学習は完了したと判定して、そのままリターンする一方、判定結果がYESでフラグFirnがオフ状態になっていれば(Firn=0)、学習はまだ完了していないと判定し、ステップSC4に進む。

【0066】このステップSC4では、今度は学習の準備ができていないことを示す学習準備フラグFprpがオン状

態かどうか判定し、この判定結果がNOであれば後述のステップSC18に進む一方、判定結果がYESであれば、学習準備ができたとして判定して、以下のステップSC5～SC8、SC14～SC17において、範囲a及び範囲bについての学習をそれぞれ実行する。すなわち、まずステップSC5において、フラグFbがオフ状態かどうか判定する。このフラグFbは、燃料噴射量qと噴射パルス幅Tiとがリニアな対応関係を示す範囲において噴射パルス幅Tiが最も小さい範囲b(図8参照)について、燃料噴射量ばらつきの学習が完了したことを示すものである。この判定結果がNOでフラグがオン状態になっていれば(Fb=1)、範囲bについては既に学習済みなので、ステップSC14に進んで、範囲aについての学習制御を行う一方、判定結果がYESでフラグFbがオフ状態になっていれば(Fb=0)、範囲bについての学習もまだなので、ステップSC6に進む。

【0067】このステップSC6では、本来、成層燃焼状態とされるエンジン1の運転モードを強制的に均一燃焼モードに変更し、燃焼室6の空燃比が略理論空燃比になるように気筒2の吸気行程で燃料を一括して噴射させるとともに(吸気一括噴射に設定)、O2センサ30からの信号に基づいて燃料噴射量のフィードバック制御を行わせる。そして、この状態で、続くステップSC7において、そのフィードバック制御に用いるフィードバック補正值cfbに基づいて、実際の燃料噴射量の目標燃料噴射量に対する偏差を学習し、続くステップSC8で、フラグFbをオン状態にする(Fb=1)。すなわち、燃料噴射量のフィードバック制御の各サイクル毎にフィードバック補正值cfbを記憶し、燃料噴射量のばらつきを示す学習値として、所定サイクル分の平均値cfbaveを求める。この平均値cfbaveはインジェクタ12による噴射量の偏差の特性を反映した値であり、平均値cfbaveが正值ならば、実際の燃料噴射量は目標燃料噴射量よりも少なく、一方、平均値cfbaveが負値ならば、実際の燃料噴射量は目標燃料噴射量よりも多いことになる。

【0068】続いて、ステップSC9において、クラック角センサ8からの信号に基づいて求められるエンジン回転数neと所定のアイドル回転数との回転数偏差を演算し、続くステップSC10において、その回転数偏差に基づいて、エンジン回転数neが前記アイドル回転数になるように点火時期を進角又は遅角させる点火時期制御を行う。すなわち、図14に示すように、燃焼室6の空燃比が略理論空燃比(14.7)になっているときに、点火時期をMBTよりも遅角側で進角又は遅角補正することにより、エンジン1の出力トルクを調節して、エンジン回転数neをアイドル回転数に保持することができる。尚、同図に示すMBTとは、エンジン1の機械的な効率が最高になる周知の最適点火時期に対応する最小進角値(Minimum Advance for the Best Torque)のことであり、一般的に、エンジンの点火時期は失火等の著しい燃

焼状態の悪化を防止するために、MBTよりも遅角側に設定される。

【0069】そして、ステップSC11において、前記のように補正した結果として点火時期がMBTないしその近傍にあるかどうか判定し、この判定結果がYESであればステップSC12に進んで、学習準備フラグFprpをオフ状態にする一方（Fprp=0）、判定結果がNOで点火時期がMBTよりも遅角側にあれば、ステップSC13に進んで、学習準備フラグFprpをオン状態にして（Fprp=1）、しかる後にリターンする。つまり、点火時期がMBTないしその近傍になく、言い換えるとMBTよりも所定以上、遅角側に設定されていれば、学習準備ができたと判定する。

【0070】一方、前記ステップSC5において、フラグFb=1であり、範囲bについては既に学習済みと判定して進んだステップSC14では、エンジン1の運転モードを強制的に均一燃焼モードに変更するとともに、インジェクタ12の微小流量特性に対応する範囲aについての学習を行うために、気筒2の吸気行程で燃料を2回に分割して噴射させるようにする（吸気分割噴射に設定）。この際、前記図12に示すように燃料噴射量が大きく変動することを回避するために、ステップSC15において、インジェクタ12の1回目及び2回目の噴射時期 $tht_{inj1}$ 、 $tht_{inj2}$ は、噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上になるようにそれぞれ設定し（ $\Delta t \geq \Delta t_0$ ）、この状態で、O2センサ30からの信号に基づいて燃料噴射量のフィードバック制御を行わせる。

【0071】続いて、ステップSC16において、前記ステップSC7と同様にフィードバック補正値 $efb$ に基づいて燃料噴射量の偏差状態を学習し、続くステップSC17では、学習判定フラグFlrnをオン状態にした後（Flrn=1）、前記ステップSC9～SC13に進んで、エンジン回転数 $nc$ をアイドル回転数に保持するように点火時期制御を行い、しかる後にリターンする。

【0072】つまり、エンジン1がアイドル運転状態にあって、範囲a、bのいずれかにおける学習が済んでおらず、かつ学習の準備ができていれば、成層燃焼状態になっているエンジン1を強制的に理論空燃比での均一燃焼状態に切換えけるとともに、O2センサ30からの信号に基づいてフィードバック制御を行わせて、そのフィードバック補正値 $efb$ に基づいて、燃料噴射量のばらつきを学習するようにしている。

【0073】これに対し、前記ステップSC4において、学習の準備ができていないと判定されたとき、即ち、点火時期がMBT近傍にあって、学習準備フラグFprpがオフ状態にされているときには（Fprp=0）、ステップSC18に進んで、まず、エンジン1の運転モードを強制的に均一燃焼モードに変更する。続いて、ステップSC19において、電気式スロットル弁22の駆動モータに制御信号を出力して、スロットル開度を増大させ

ることにより、エンジン1の出力トルクが高まるように吸入空気量を増大させる。こうすることで、続くステップSC9、SC10の点火時期制御によって、吸入空気量の増大による出力トルクの増大を相殺するように点火時期が遅角側に補正される。このようにして学習の準備がなされると、続くステップSC11でNOと判定され、続くステップSC13において学習準備フラグFprpがオン状態にされる（Fprp=1）。尚、前記のように点火時期が遅角させるために、吸入空気量を増大させて、エンジン1の出力トルクを高めるのではなく、インジェクタ12による燃料噴射量を増大させるようにしてもよい。

【0074】また、前記ステップSC2においてエンジン1がアイドル運転状態でないNOと判定されたときには、図15に示すフローのステップSD1に進んで、エンジン1が均一燃焼モードの領域（ハ）で運転されているかどうか、つまり、本来、吸気行程分割噴射とする運転領域かどうか判定する。この判定がNOであれば、ステップSD6に進む一方、判定がYESであればステップSD2に進み、このときのインジェクタ12の1回目及び2回目の噴射作動の開始時期 $tht_{inj1}$ 、 $tht_{inj2}$ （分割噴射時期）を読み込む。そして、続くステップSD3において、前記分割噴射時期 $tht_{inj1}$ 、 $tht_{inj2}$ に基づいて噴射時間間隔 $\Delta t$ を演算する。

【0075】続いて、ステップSD4において、前記の演算した噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上かどうか判定し、この判定結果がYESならば、ステップSD5に進んで、前記ステップSC7、SC14と同様にフィードバック補正値 $efb$ に基づいて燃料噴射量ばらつきを学習し、しかる後にリターンする。一方、前記の判定結果がNOならば、学習制御は行わずにリターンする。つまり、エンジン1が領域（ハ）で運転されていて、本来的に吸気行程分割噴射が行われるときであって、分割噴射の噴射時間間隔 $\Delta t$ が十分に長いときにのみ、燃料噴射量ばらつきを学習する。これにより、噴射パルス幅Tiが中程度（範囲c）又は大きいとき（範囲d）についての燃料噴射量ばらつきを正確に学習することができる。

【0076】さらに、前記ステップSD1において領域（ハ）ではないNOと判定されて進んだステップSD6では、今度は領域（ロ）又は（二）にあるかどうか判定する。この判定がYESであれば、前記ステップSD5に進んで、範囲eについての学習制御を行う。すなわち、吸気行程一括噴射が行われる運転領域において、噴射パルス幅Tiが最大のときの燃料噴射量ばらつきを学習する。

【0077】そして、上述の如く、インジェクタ12の微小流量特性に対応する範囲a、及び該インジェクタ12の代表的な流量特性に対応する範囲b、c、d、eについてそれぞれ学習を完了すれば、その学習値であるフ

ィードバック補正値の平均値 $cfb_{ave}$ に基づいて、インジェクタ12の流量特性マップMを修正する。すなわち、例えば前記各範囲a～eにおける学習値に対しその信頼度に応じた所定の重み付け係数を乗算し、その乗算した値を、図8に実線で示す修正前の流量特性M'に対して各範囲a～e毎に、同図に三角印で示すようにプロットする。そして、範囲b～eについてプロットした各点に対し、例えば最小二乗法により直線的な対応関係を定めるとともに、範囲aについてプロットした点も含めて、同図に破線で示すように新しい流量特性M'を得る。このようにして、インジェクタ12の微小流量特性を含む流量特性を正確な学習結果に基づいて正確に修正することができ、これにより、成層燃焼領域を含むエンジン1の広い運転領域に亘って燃料噴射制御の精度を高めて、燃費性能等を向上させることができる。

【0078】尚、上述の如く、燃料噴射制御におけるフィードバック補正値 $cfb$ を所定サイクルに亘って求め、その平均値 $cfb_{ave}$ に基づいてインジェクタ12の流量特性を修正する他に、O2センサ30からの出力信号とエアフローセンサ21からの出力信号とに基づいて、実際の燃料噴射量を直接的に演算し、この演算値と目標燃料噴射量 $q_i$ との偏差を燃料噴射量ばらつきの学習値とするようにしてもよい。

【0079】前記図13に示すフローのステップSC14は、エンジン1がアイドル運転状態にあって、学習制御手段40bにより学習を行うときに、強制的に吸気行程分割噴射に切換えて、インジェクタ12により燃料を気筒の吸気行程での期間に2回に分割して噴射させる分割噴射制御手段40aに対応している。また、ステップSC16は、O2センサ30による検出結果に基づいて、インジェクタ12による実際の燃料噴射量のばらつき（偏差状態）を学習する学習制御手段40bに対応しており、この学習制御手段40bは、空燃比のフィードバック制御のために演算されたフィードバック補正値 $cfb$ の平均値 $cfb_{ave}$ を学習値とするように構成されている。

【0080】また、前記フローのステップSC15は、前記分割噴射制御手段40aにより燃料の分割噴射制御が行われるときであって、かつ前記学習制御手段40bにより燃料噴射量の偏差状態を学習するときに、インジェクタ12による1回目の噴射作動の終了から2回目の噴射作動の開始までの噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上になるように、その1回目及び2回目の噴射時期 $th_{inj1}$ 、 $th_{inj2}$ （噴射作動の開始時期）をそれぞれ設定する噴射時期設定手段40cに対応している。

【0081】さらに、前記フローのステップSC9～SC13は、前記分割噴射制御手段10aにより吸気行程分割噴射となるようにインジェクタ12の作動制御が行われるとき、点火時期がMBT（最適点火時期）ないしその近傍よりも遅角側に設定されていれば、該点火時期

の補正によってエンジン回転数 $ne$ を略一定回転数に保持する回転数保持手段40dに対応している。

【0082】また、前記図15に示すフローのステップSD1～SD5は、エンジン1が領域（ハ）で運転されていて、インジェクタ12により燃料が気筒の吸気行程で2分割噴射されるときであって、かつ該インジェクタ12による1回目の噴射作動の終了から2回目の噴射作動の開始までの噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上になるときに、燃料噴射量ばらつきを学習する学習制御手段40dに対応している。

【0083】したがって、この実施形態に係る火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置Aによれば、エンジン1がストイキオモードになる領域（ロ）（ハ）（ニ）において、それぞれ、O2センサ30からの信号に基づいて燃料噴射量をフィードバック制御しながら、フィードバック補正値 $cfb$ に基づいて、例えばインジェクタ12の個体差等に起因する燃料噴射量のばらつきを正確に学習することができる。

【0084】また、エンジン1がアイドル運転状態にあるときには、インジェクタ12により燃料を気筒2の吸気行程で噴射させて、本来は成層燃焼状態になるはずのエンジン1を強制的にストイキオモードで運転させ、この状態で、前記と同様に燃料噴射量をフィードバック制御しながら、燃料噴射量のばらつきを正確に学習する。さらに、アイドル運転状態ではインジェクタ12により燃料を気筒2の吸気行程で2分割して噴射させることで、インジェクタ12の噴射パルス幅 $T_i$ が極く短いときの燃料噴射量ばらつきも正確に学習できる。

【0085】そして、そのように燃料噴射量ばらつきを正確に学習することができれば、この学習結果に基づいて、インジェクタ12の流量特性を微小流量特性も含めて正確に修正することができ、これにより、フィードバック制御を行うストイキオモードの領域（ロ）（ハ）（ニ）はもとより、フィードバック制御の行えない成層燃焼領域（イ）やエンリッチモードの領域（ホ）においても、燃料噴射量の制御精度を高めて、燃費やエミッションを大幅に低減することができる。特に、インジェクタ12の特性に起因して燃料噴射量ばらつきの大きくなりやすいエンジン1のアイドル運転状態で、燃料噴射量のばらつきを解消することができる。

【0086】しかも、前記アイドル運転状態では、燃料を2分割して噴射させるときに、インジェクタ12の1回目及び2回目の噴射作動の開始時期 $th_{inj1}$ 、 $th_{inj2}$ を、それぞれ、該1回目の噴射作動の終了から2回目の噴射作動の開始までの噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上になるように設定するようにしているので、上述の如く、インジェクタ12の1回目の噴射作動により燃料圧力が変動したり、芯弁が収縮したりしても、その後の2回目の噴射作動による燃料噴射量の変動を十分に小さくして、その変動による学習精度の低下を回避で

きる。

【0087】さらに、前記燃料噴射ばらつきの学習時に、例えば、エアコンディショナのコンプレッサ等の外部負荷がオンオフされたり、エンジン水温が変化しても、エンジン回転数 $n_e$ が略一定に保持されるように回転数保持手段40dにより、点火時期や吸入空気量が制御されることで、学習時のエンジン1の運転状態の変化を抑制して、学習精度をさらに向上させることができる。特に、前記のように点火時期を制御してエンジン回転数 $n_e$ を保持することができれば、燃料噴射量や燃焼室の空燃比状態を変化させることがないので、そのことによっても学習精度を向上できる。

【0088】また、エンジン1がストイキオモードの領域(ハ)にあって、本来、インジェクタ12により燃料を2分割して噴射させるときには、その分割噴射における噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上のときのみ、燃料噴射量ばらつきを学習するようにしているので、このときも前記のアイドル運転状態のときと同じく、燃料噴射量の変動が十分に小さい状態で、燃料噴射量ばらつきを精度良く学習することができる。

【0089】(他の実施形態)尚、本発明は前記実施形態に限定されるものではなく、その他の種々の実施形態を包含するものである。すなわち、前記実施形態では、図15のフローに示すように、エンジン1がストイキオモードの領域(ハ)にあって、かつ噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ よりも小さいときには、燃料噴射量の変動による悪影響を避けるために学習制御を行わないようにしているが、これに限らず、このようなときには噴射時間間隔 $\Delta t$ が $\Delta t_0$ 以上になるように、噴射時期 $t_{htinj1}$ ,  $t_{htinj2}$ を補正した上で、学習制御を行うようにしてもよい。

【0090】具体的には、図16に示すフローのステップSD4において、噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ よりも小さいNOと判定されたとき、ステップSD10に進んで、噴射時間間隔 $\Delta t$ が噴射時間間隔 $\Delta t_0$ が $\Delta t_0$ 以上になるように、分割噴射時期 $t_{htinj1}$ ,  $t_{htinj2}$ を設定し直す。続いて、ステップSD11において燃料噴射ばらつきを学習し、続くステップSD12では、エンジン1の出力トルクが略一定になるように点火時期を補正制御し、しかる後にリターンする。この点火時期の制御により、エンジン1が定常運転状態にあるときに、燃料噴射量ばらつきを学習するために噴射時間間隔 $\Delta t$ を変更しても、そのことによるエンジン1の出力トルクの変動を防止できる。

【0091】前記フローのステップSD10は、インジェクタ12による1回目及び2回目の噴射作動の開始時期 $t_{htinj1}$ ,  $t_{htinj2}$ を、燃料噴射量ばらつきの学習時には噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上になるように設定する噴射時期設定手段40cに対応しており、ステップSD11は学習制御手段40bに対応してお

り、また、ステップSD12は、エンジン1が定常運転状態にあって、かつ燃料噴射量ばらつきを学習するときに、エンジン1の出力トルクが略一定値になるように、点火時期を制御する点火時期制御手段40cに対応している。

【0092】これとは別に、図17のフローチャート図に示すように、エンジン1がストイキオモードの領域(ハ)にあるときには、噴射時間間隔 $\Delta t$ に拘わらずに学習制御を行うとともに、そのときの学習結果に対して、噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上のときにそうでないときよりも大きな重み付けをするようにしてもよい。すなわち、同図のステップSD4において、噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ よりも小さいNOと判定されたとき、ステップSD20に進んで、フィードバック補正値の平均値 $cfb_{ave}$ を学習値として演算する学習制御を行うとともに、この学習値に1よりも小さな重み付け係数を乗算することにより、噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上のときの学習値に比べて、相対的に重み付けを小さくするようにすればよい。

【0093】このようにすれば、噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上のときに、燃料噴射量ばらつきを正確に学習できるとともに、そうでないときでも学習を行うことで、学習頻度を高めることができる。しかも、噴射時間間隔 $\Delta t$ が所定時間間隔 $\Delta t_0$ よりも小さいときには、燃料噴射量の変動によって学習値の信頼性が低くなるが、このような学習値の信頼性に応じて重み付けをすることによって、全体としての学習精度の低下を最小限度に抑えることができる。

【0094】さらに、上述の各実施形態の如く、インジェクタ12により燃料を気筒2の吸気行程で2回に分割して噴射させるときに、1回目及び2回目の噴射作動の間の噴射時間間隔 $\Delta t$ を所定時間間隔 $\Delta t_0$ 以上の一定値に固定するようにしてもよい。このようにすれば、前記インジェクタ12の2回目の噴射作動による燃料噴射量の変動を解消できるので、学習精度を可及的に高めることができる。

【0095】

【発明の効果】以上、説明したように、請求項1の発明に係る火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置によると、所定運転状態でエンジンを略理論空燃比で運転しながら、燃料噴射弁により燃料を気筒の吸気行程等で複数回に分割して噴射させ、この状態で、学習制御手段により燃料噴射量の偏差状態を学習することにより、燃料噴射弁の開弁時間が相対的に短いときの燃料噴射量ばらつきを精度良く学習することができる。しかも、燃料噴射弁の1回目及び2回目の噴射作動の開始時期をそれぞれ、該噴射作動の間の噴射時間間隔が所定時間間隔以上になるように設定することで、燃料噴射量の変動を低減して、十分な学習精度を確保することができる。そして、その正確な学習結果に基づいて燃料噴射量を補正す

ることで、フィードバック制御の行えない運転領域においても燃料噴射量のばらつきを解消して、燃費やエミッションを大幅に低減することができる。

【0096】請求項2の発明によると、エンジンの気筒内燃焼室の空燃比状態と吸入空気量とに基づいて実際の燃料噴射量を精度良く求めることで、燃料噴射量のばらつきを高精度に学習できる。

【0097】請求項3の発明によると、エンジンのアイドル運転状態で分割噴射制御を行いながら、燃料噴射弁の開弁時間が極く短いときの燃料噴射量ばらつきを学習することにより、燃料噴射弁の微小流量特性を正確に把握することができる。しかも、その学習時に回転数保持手段によりエンジン回転数を保持することで、外部負荷のオンオフ等によるエンジンの運転状態の変化を抑制して、学習精度をさらに向上できる。

【0098】請求項4の発明によると、請求項3の発明における回転数保持手段を、点火時期を優先的に補正するものとすることにより、燃料噴射量や燃焼室の空燃比状態を変化させることなく、エンジン回転数を略一定回転数に保持することができ、よって、学習精度を更に向上できる。

【0099】請求項5の発明によると、点火時期を事実上、進角補正できないときでも、エンジン回転数を略一定回転数に保持することができる。

【0100】請求項6及び請求項7の発明によると、燃料噴射弁の2回目の噴射作動による燃料噴射量の変動による悪影響を排除して、請求項1の発明による効果を十分に得ることができる。

【0101】請求項8の発明によると、燃料噴射ばらつきの学習時に分割噴射における噴射時間間隔を略一定に固定することにより、燃料噴射量の変動を解消して、学習精度を可及的に高めることができる。

【0102】請求項9の発明によると、燃料噴射量ばらつきの学習を開始又は終了するときのトルク変動を防止できる。

【0103】また、請求項10の発明に係る火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置によると、燃料噴射弁による1回目及び2回目の噴射作動の間の噴射時間間隔が所定時間間隔以上になるときのみに、燃料噴射量の偏差状態を学習することにより、請求項1の発明と同様に、燃料噴射量の変動が十分に小さい状態で、燃料噴射量ばらつきを高精度に学習できる。

【0104】さらに、請求項11の発明に係る火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置によると、燃料噴射量の偏差状態を噴射時間間隔が所定時間間隔よりも小さいときでも学習することにより、学習頻度を高めることができる上に、学習の信頼性に応じて重み付けをすることで、学習精度の低下を最小限に抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の概略構成を示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係る火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置の全体構成図である。

【図3】エンジンの気筒内燃焼室の概略構造を示す斜視図である。

【図4】エンジンの成層燃焼モード、ストイキオモード及びエンリチモードの各運転領域を設定した制御マップの一例を示す図である。

【図5】エンジンの燃料噴射時期を示すタイムチャート図である。

【図6】燃料噴射制御の処理手順を示すフローチャート図である。

【図7】燃料噴射制御に用いる各種の制御マップを示した説明図である。

【図8】インジェクタ流量特性マップとその学習補正の方法を示す説明図である。

【図9】空燃比の変化に対するO<sub>2</sub>センサの出力特性を示す図である。

【図10】フィードバック補正値の演算手順を示すフローチャート図である。

【図11】フィードバック制御時のフィードバック補正値の変化とO<sub>2</sub>センサ出力とを対応づけて示すタイムチャート図である。

【図12】燃料噴射弁の1回目の噴射作動に起因して2回目の噴射作動による燃料噴射量の変動の様子を、噴射時間間隔に対応づけて示した実験データのグラフ図である。

【図13】エンジンがアイドル運転状態のときの学習制御の処理手順を示すフローチャート図である。

【図14】エンジンの運転空燃比と出力トルクとの対応関係を、点火時期の変更に対応づけて示した説明図である。

【図15】エンジンが均一燃焼領域にあるときの学習制御の処理手順を示すフローチャート図である。

【図16】インジェクタの噴射時期を噴射時間間隔が長くなるように補正するようにした他の実施形態に係る図15相当図である。

【図17】噴射時間間隔が短いときの学習値に相対的に小さい重み付けをするようにした他の実施形態に係る図15相当図である。

【符号の説明】

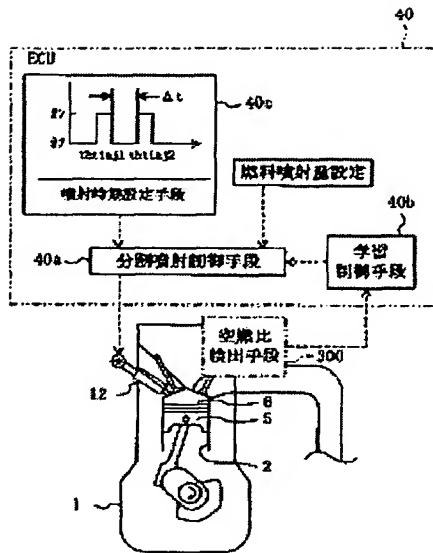
A	火花点火式直噴エンジンの燃料制御装置
1	エンジン
2	気筒
5	ピストン
6	燃焼室
12	インジェクタ（燃料噴射弁）
30	O <sub>2</sub> センサ（空燃比検出手段）
40	コントロールユニット（ECU）
40a	分割噴射制御手段
40b	学習制御手段



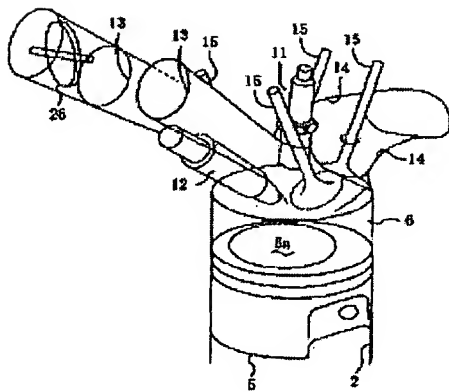
40c 噴射時期設定手段  
40d 回転数保持手段

40e 点火時期制御手段

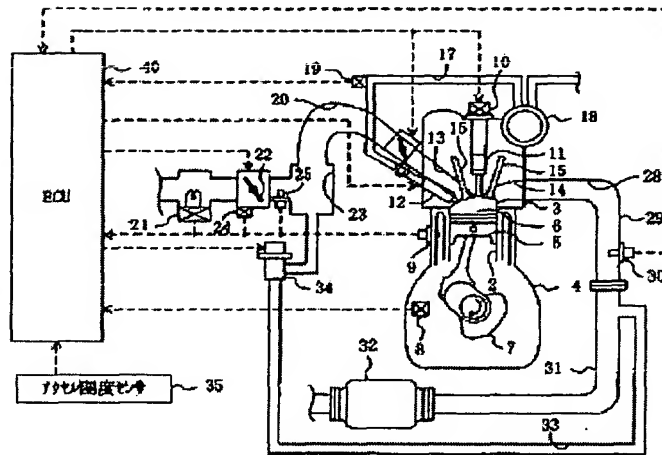
【図1】



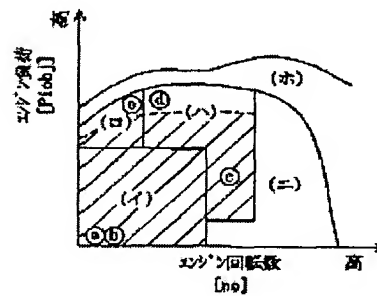
【図3】



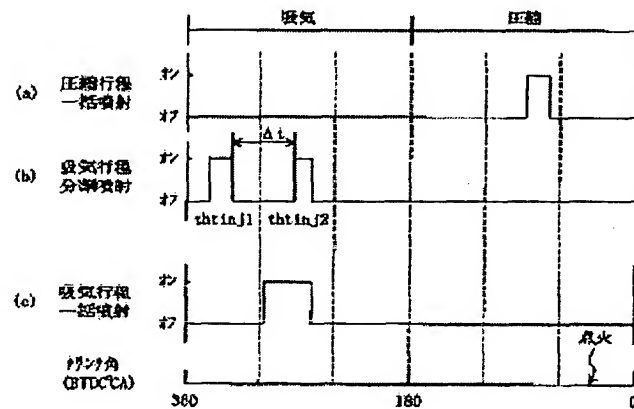
【図2】



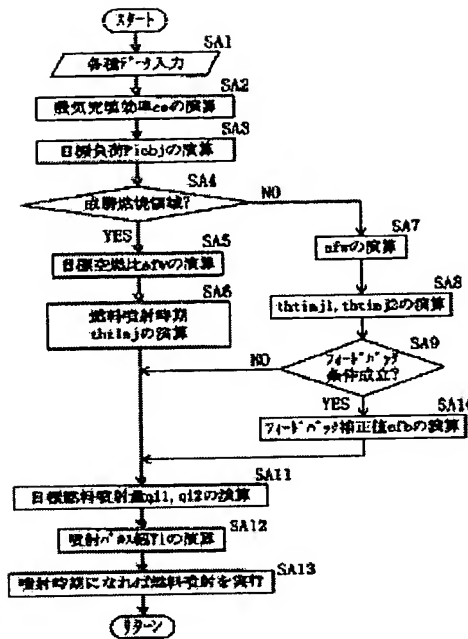
【図4】



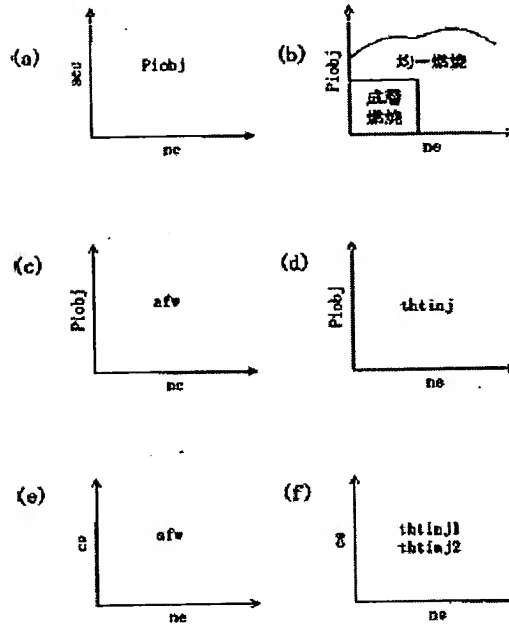
【図5】



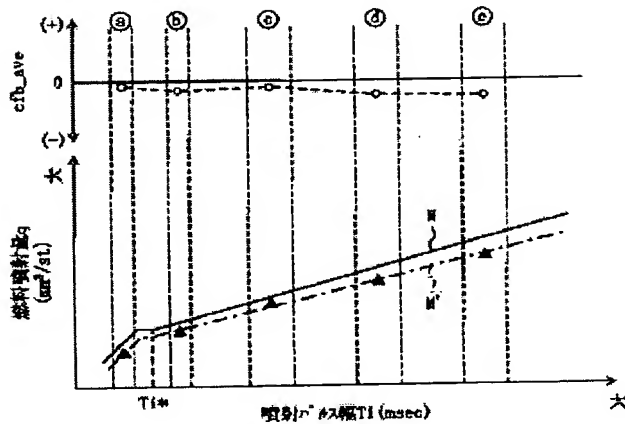
【図6】



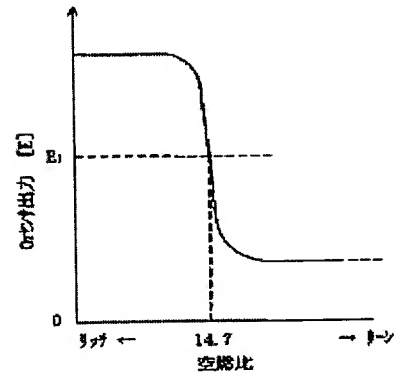
【図7】



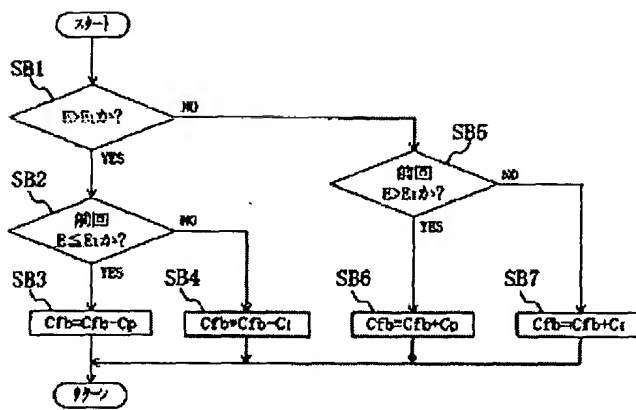
【図8】



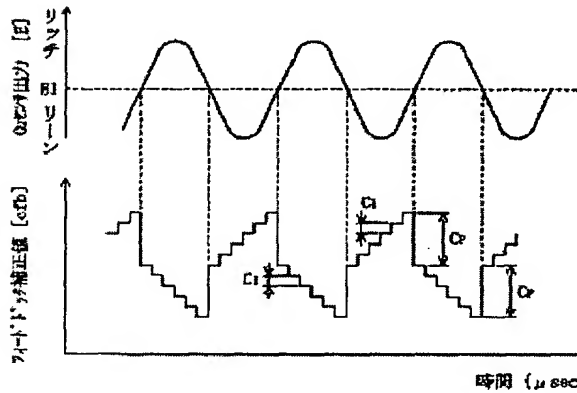
【図9】



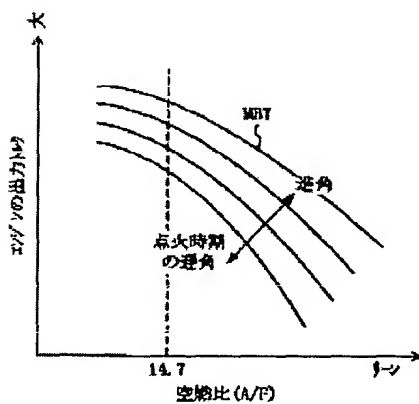
【図10】



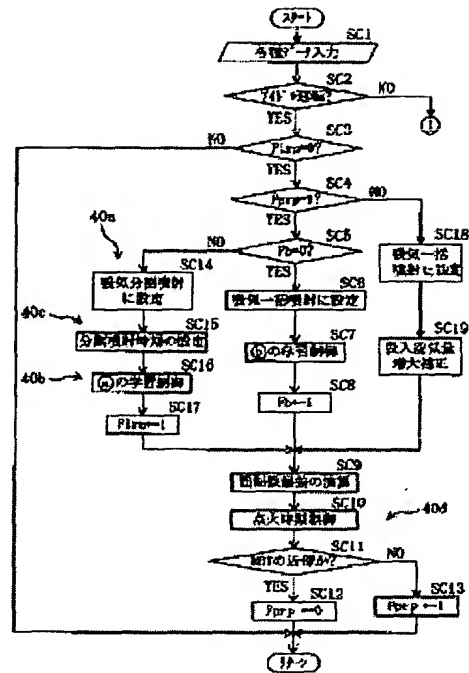
【図11】



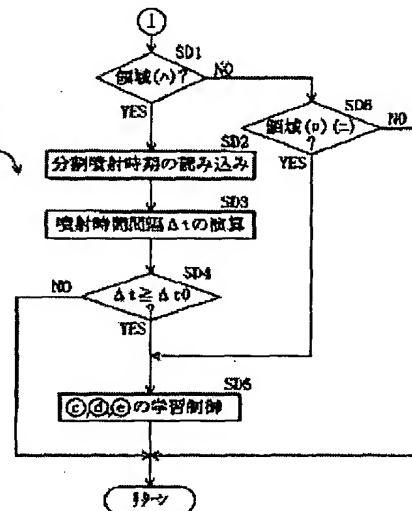
【図14】



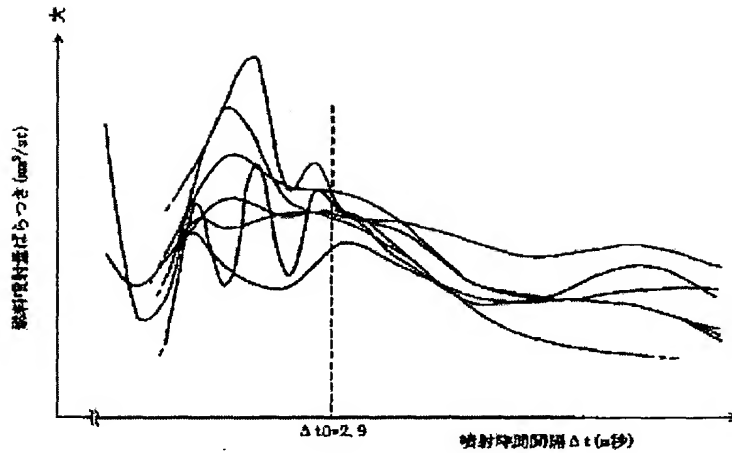
【図13】



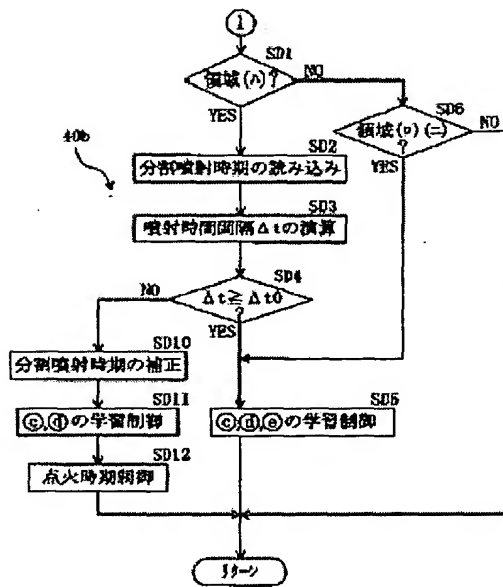
【図15】



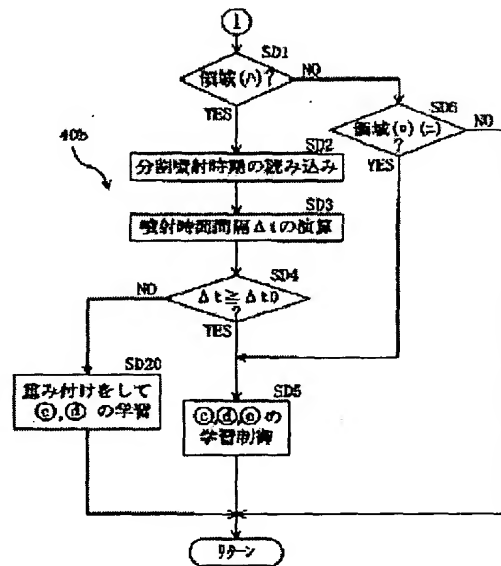
【図12】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F02D 41/14

41/18

43/00

識別記号

330

301

FI

F02D 41/14

41/18

43/00

ページ (参考)

330A

D

301B

301H

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-098991

(43)Date of publication of application : 10.04.2001

(51)Int.Cl. F02D 41/34  
F02D 41/02  
F02D 41/14  
F02D 41/18  
F02D 43/00  
F02D 45/00  
F02P 5/15

(21)Application number : 11-278328

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 30.09.1999

(72)Inventor : TETSUNO MASAYUKI

**MAMIYA KIYOTAKA**

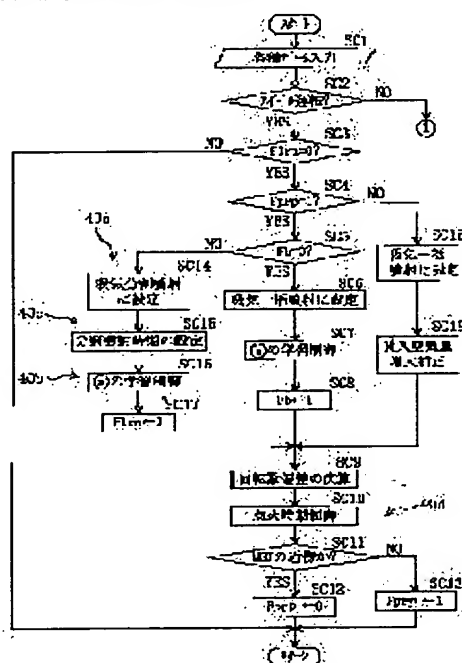
**ARAKI KEIJI**

## (54) FUEL CONTROLLER FOR SPARK-IGNITED DIRECT INJECTION ENGINE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To accurately learn dispersion of fuel injection amounts including those in very short valve opening times to accurately correct a flow rate characteristic of an injector 12 including a case of the very low flow rate characteristic, in a spark-ignited direct injection engine operated by a stratified charge combustion condition in a low-load and low-engine-speed side area and operated by a homogeneous charge combustion condition in other area.

SOLUTION: The dispersion of the fuel injection amounts is learned based on a feedback correction value cfb, while divided injection in a suction stroke is forcibly conducted at the time of an idling operation condition in the stratified charge combustion area of the engine 1, while an injection time interval  $\Delta t$  in the divided injection is made to come to a prescribed time interval  $\Delta t_0$  or more, and while the respective fuel injection amounts are feedback-controlled to be brought into respective substantially stoichiometric air-fuel ratios based on signals from an oxygen sensor 30. Similar learning control is carried out only when the interval  $\Delta t$  comes to the prescribed time interval  $\Delta t_0$  or more, in the case where the engine 1 is operated within a homogeneous charge combustion area.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than





特開平2001-98991(JP2001098991A) 特許庁の機械翻訳です。(一部ワードが未翻訳)

[Claim(s)]

[Claim 1] In the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine which equips the cylinder internal combustion glow room of an engine with the fuel injection valve which carries out injection supply of the propellant directly, and controlled the injection quantity and fuel injection timing of the propellant by this fuel injection valve The split injection control means which divides a propellant into multiple times by the aforementioned fuel injection valve in the intake stroke of a cylinder, or the term in early stages of a compression stroke, and is made to inject when an engine is in predetermined operational status, An air-fuel ratio detection means to detect the air-fuel ratio status of the aforementioned combustion chamber, and a learning-control means to learn the deflection status from the desired value of the actual fuel oil consumption by the fuel injection valve based on the detection result by the aforementioned air-fuel ratio detection means, When it is a time of a split injection control of a propellant being performed by the aforementioned split injection control means and the deflection status of fuel oil consumption is learned by the aforementioned learning-control means So that the injection time spacing to start of the 2nd injection operation from an end of the 1st injection operation by the fuel injection valve may become more than a predetermined time interval The fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine characterized by establishing this fuel-injection-timing setting means for the 1st time to reach and to set up the start stage of the 2nd injection operation, respectively.

[Claim 2] It is the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine which an inhalation air-content detection means to detect the inhalation air content to the cylinder internal combustion glow room of an engine is established in a claim 1, and is characterized by constituting the learning-control means so that the deflection status of fuel oil consumption may be learned based on the detection value by the aforementioned inhalation air-content detection means.

[Claim 3] It is the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine carried out [ that a rotational frequency hold means hold an engine speed to an abbreviation fixed rotational frequency is established in a claim 1 when a split injection control of the propellant by the fuel injection valve is performed when a split injection control means has an engine in idle operational status and the deflection status of fuel oil consumption is learned by the learning-control means, and the aforementioned split injection control means performs a split injection control of a propellant, and ] as the characteristic feature.

[Claim 4] It is the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine which sets to a claim 3 and is characterized by constituting the rotational frequency hold means so that an engine speed may be held by rectifying ignition timing when ignition timing is set to the angle-of-delay side rather than predetermined optimum ignition timing or its predetermined near.

[Claim 5] It is the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine which sets to a claim 3 and is characterized by constituting the rotational frequency hold means so that an engine speed may be held by rectifying fuel oil consumption when ignition timing is set as predetermined optimum ignition timing or its predetermined near.

[Claim 6] It is the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine characterized by being a time interval until change of the fuel oil consumption to which a predetermined time interval originates in this injection operation from an end of the 1st injection operation of a fuel injection valve in a claim 1 carries out an abbreviation convergence.

[Claim 7] It is the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine characterized by a predetermined time interval being abbreviation 2.9 ms in a claim 6.

[Claim 8] It is the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine characterized by being what sets up the start stage of the 1st injection operation [ 2nd ] according [ on a claim 6 and / a fuel-injection-timing setting means ] to a fuel injection valve so that an injection time spacing may change according to the operational status of an engine except the time of learning, while setting up so that an injection time spacing may become abbreviation fixed time at the time of learning by the learning-control means. ;

[Claim 9] The fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine characterized by establishing an ignition-timing control means to control ignition timing so that the output torque of an engine may become an abbreviation constant value when an engine is in the steady operation status and the deflection status of fuel oil consumption is learned by the learning-control means in a claim 8.

[Claim 10] In the fuel control system which equips the cylinder internal combustion glow room of an engine with the fuel injection valve which carries out injection supply of the propellant directly, and controlled the injection quantity and fuel injection timing of the propellant by this fuel injection valve When an air-fuel ratio detection means to detect the air-fuel ratio status of the aforementioned combustion chamber, and an engine are in predetermined operational status The split injection control means which divides a propellant into multiple times by the aforementioned fuel injection valve in the intake stroke of a cylinder, or the term in early stages of a compression stroke, and is made to inject, When [ which is a time of a split injection control of a propellant being performed by the aforementioned split injection control means, and is depended on a fuel injection valve ] the

injection time spacing to start of the 2nd injection operation from an end of the 1st injection operation becomes more than a predetermined time interval The fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine characterized by establishing a learning-control means to learn the deflection status from the desired value of the actual fuel oil consumption by the fuel injection valve, based on the signal from the aforementioned air-fuel ratio detection means.

[Claim 11] In the fuel control system which equips the cylinder internal combustion glow room of an engine with the fuel injection valve which carries out injection supply of the propellant directly, and controlled the injection quantity and fuel injection timing of the propellant by this fuel injection valve When an air-fuel ratio detection means to detect the air-fuel ratio status of the aforementioned combustion chamber, and an engine are in predetermined operational status When a split injection control of a propellant is performed by the split injection control means which divides a propellant into multiple times by the aforementioned fuel injection valve in the intake stroke of a cylinder, or the term in early stages of a compression stroke, and is made to inject, and the aforementioned split injection control means Based on the signal from the aforementioned air-fuel ratio detection means, a learning-control means to learn the deflection status from the desired value of the actual fuel oil consumption by the fuel injection valve is established, the aforementioned learning-control means To a learning value in case [ which is depended on a fuel injection valve ] the injection time spacing to start of the 2nd injection operation from an end of the 1st injection operation is more than a predetermined time interval The fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine characterized by being constituted so that a weighting bigger than the time of this injection time spacing being under a predetermined time interval may be carried out.

#### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention belongs to the technical field of a learning control which learns dispersion in the injection quantity which originates in the cylinder internal combustion glow room of an engine especially at the individual differences of this fuel injection valve etc. about the jump-spark-ignition formula direct-injection engine which was made to carry out injection supply of the propellant by the fuel injection valve directly (deflection status).

[0002]

[Description of the Prior Art] According to the operational status of an engine, the fuel oil consumption by the inhalation air content and fuel injection valve to a cylinder is adjusted, and it is made to control the air-fuel ratio of a gaseous mixture from the former by the common fuel-control system of a gasoline engine. And in order to avoid that a controllability falls according to various factors, such as the individual differences of a fuel injection valve, and change of an operating environment, O2 sensor is arranged in the flueway of an engine and carrying out the feedback correction of the fuel oil consumption based on the signal from this O2 sensor is performed. Moreover, dispersion in fuel oil consumption is learned based on the signal from the O2 aforementioned sensor, and if there is technique of making it reflected in a fundamental fuel control and the learning result is carried out in this way, while the transient response nature of the aforementioned AFC can be raised, the control precision of the air-fuel ratio when not performing feedback correction can also be raised.

[0003] by the way, in the direct-injection engine which injected the propellant directly into the high-pressure combustion chamber, since the injection pressure of a propellant is markedly alike and becomes high at a suction port compared with the thing of the port injection formula which injected the propellant, dispersion in fuel oil consumption tends to become large inevitably since the timing which can inject a propellant is restricted to a combustion chamber in a direct-injection engine, in order: [ and ] to secure fuel oil consumption -- the nozzle hole of a fuel injection valve -- large -- not carrying out -- it does not obtain but dispersion in the injection quantity tends to become large also by this Thus, since a direct-injection engine has the inclination that injection-quantity dispersion by the individual differences of a fuel injection valve becomes large, dispersion in the injection quantity is actually learned as mentioned above, and rectifying the flow characteristics of a fuel injection valve based on the learning result is proposed (for example, refer to JP,5-214999,A).

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The aforementioned conventional direct-injection engine is usually operated in the state of the so-called stratification combustion in the predetermined operating range by the side of a low load. however, in the state of this stratification combustion Since an air-fuel ratio cannot detect the air-fuel ratio status with high precision by O2 sensor in the \*\*\*\*\* status in this way while the average air-fuel ratio of a combustion chamber can be changed into the very \*\*\*\*\* status and mpg can be reduced considerably Feedback control of the above air-fuel ratios cannot be performed, and cannot actually learn dispersion in fuel oil consumption when there is little fuel oil consumption (i.e., the valve-opening time of a fuel injection valve) and it is short.

[0005] and -- the fuel injection valve for direct-injection engines which major-diameter-ized the nozzle hole of a

fuel injection valve like \*\*\*\* — general — \*\*\*\* of valve-opening time — it differs from the typical flow characteristics when a minute flow characteristics when short is other (refer to map M of drawing 8 ), and the characteristic feature that the difference by the individual differences of a fuel injection valve is remarkable, and it is large is about this minute flow characteristics on it

[0006] That is, in the direct-injection engine, although dispersion in fuel oil consumption may become large especially in the stratification combustion zone with a high operation frequency, the exact learning control in the status has the problem that it cannot carry out, therefore the room of an extensive improvement is left behind about the mpg and emission in this stratification combustion zone.

[0007] It can consider that it is made to make a propellant inject in 2 steps about such a problem in order to shorten valve-opening time of a fuel injection valve as much as possible, while it switches to the uniform combustion status and it operates in the state of the theoretical air fuel ratio with a high detection precision by O2 sensor only when learning dispersion in fuel oil consumption even when an engine is in the aforementioned stratification combustion zone.

[0008] However, when a propellant is divided two and it was made to make it inject as mentioned above, it became clear that there is a new problem to change fuel oil consumption greatly by that. For example, according to the experimental data shown in drawing 12 , when carrying out the injection operation of the fuel injection valve twice by the comparatively short time interval, the fuel oil consumption by the 2nd injection operation will be in the unstable status change very greatly. It is thought that it is based on the ground which is referred to as changing the fuel oil consumption according [ \*\*\*\* is cooled with a propellant at the time of the injection operation which is the 1st time of \*\* fuel injection valve to which it is that a 2nd injection operation is started before, as for this, it changes the fuel pressure force greatly by 1st injection operation of \*\* fuel injection valve and being completed by this pressure fluctuation, and fuel oil consumption is changed, contract momentarily, and ] to a 2nd injection operation by this. Anyway, in the status unstable in this way, dispersion in fuel oil consumption cannot be learned correctly.

[0009] dispersion in the fuel oil consumption according [ this invention is made in view of \*\* or \*\*\*\*, and the place made into the purpose elaborates a device on the Lord of a direct-injection engine at the procedure of a fuel-injection control in a stratification combustion zone, and ] to a fuel injection valve — valve-opening time — \*\*\*\* — it is in enabling it to learn correctly including the short time

[0010]

[Means for Solving the Problem] That the aforementioned purpose should be attained with the 1st resolution means of this invention When an engine is in a stratification combustion zone and the deflection status of fuel oil consumption is learned While the propellant was made to mainly inject by the intake stroke of a cylinder so that it may be in the uniform combustion status of abbreviation theoretical air fuel ratio, an injection operation of the fuel injection valve at that time is divided into multiple times, and the injection time spacing between the 1st injection operations [ 2nd ] was set up more than the predetermined time interval.

[0011] By invention of a claim 1, as shown in drawing 1 , the cylinder 2 internal-combustion glow room 6 of an engine 1 is equipped with the fuel injection valve 12 which carries out injection supply of the propellant directly, and it is premised concrete on fuel-control-system A which controlled the injection quantity and fuel injection timing of the propellant by this fuel injection valve 12. And split injection control means 40a which divides a propellant into multiple times by the aforementioned fuel injection valve 12 in the intake stroke of a cylinder, or the term in early stages of a compression stroke, and is made to inject when an engine 1 is in predetermined operational status. An air-fuel ratio detection means 300 to detect the air-fuel ratio status of the aforementioned combustion chamber 6, and learning-control means 40b which learns the deflection status from the desired value of the actual fuel oil consumption by the fuel injection valve 12 based on the detection result by this air-fuel ratio detection means 300. When it is a time of a split injection control of a propellant being performed by the aforementioned split injection control means 40a and the deflection status of fuel oil consumption is learned by the aforementioned learning-control means 40b the injection time spacing to start of the 2nd injection operation from an end of the 1st injection operation by the fuel injection valve 12 becomes more than a predetermined time interval — as — this — it considers as the configuration which prepares fuel-injection-timing setting means 40c which sets up the start stage of the 1st injection operation [ 2nd ], respectively In addition, the term in early stages of [ compression stroke ] the aforementioned cylinder is a term until an inhalation-of-air bulb closes by the compression stroke of a cylinder.

[0012] An engine 1 is in predetermined operational status, and when a propellant divides into multiple times by the fuel injection valve 12 in the intake stroke of a cylinder 2, or the term in early stages of a compression stroke and it is injected by the aforementioned configuration, by it, dispersion in actual fuel oil consumption (deflection status) is learned by learning-control means 40b based on the detection value by the air-fuel ratio detection means 300. That is, it is enabled to learn fuel-oil-consumption dispersion when the valve-opening time of a fuel injection valve 12 is relatively short with a sufficient precision by making a propellant divide and inject, operating an engine 1 by abbreviation theoretical air fuel ratio.

[0013] and this time — the start stage thtinj1 and thtinj2 of the 1st injection operation [ 2nd ] of a fuel injection valve 12 — respectively — this — setting up so that injection time spacing  $\Delta t$  to start of the 2nd injection operation from an end of the 1st injection operation may become more than a predetermined time interval — this — change of the fuel oil consumption at the time of the 2nd injection operation can be reduced, and a fall of learning precision can be prevented. And if fuel-oil-consumption dispersion can be learned correctly such, it will be enabled to cancel dispersion in fuel oil consumption also in the stratification combustion zone which cannot perform feedback control, and to reduce mpg and an emission sharply by rectifying fuel oil consumption based on this learning result. In addition, although the setting technique of the injection start stage of the fuel injection valve 12 by fuel-injection-timing setting means 40c is typically shown in the aforementioned view 1, describing this \*\* type view as "ON" corresponds to valve opening of a fuel injection valve 12, and, on the other hand, describing it as "OFF" corresponds to valve closing of a fuel injection valve 12.

[0014] In invention of a claim 2, an inhalation air-content detection means to detect the inhalation air content to the cylinder internal combustion glow room of an engine shall be established, and a learning-control means shall learn the deflection status of fuel oil consumption based on the detection value by the aforementioned inhalation air-content detection means. Since actual fuel oil consumption can be calculated with a sufficient precision by carrying out like this based on the air-fuel ratio status and inhalation air content of a cylinder internal combustion glow room of an engine, dispersion in fuel oil consumption can be learned with high precision.

[0015] When a split injection control of the propellant by the fuel injection valve shall be performed when a split injection control means has an engine in idle operational status and the deflection status of fuel oil consumption is learned by the learning-control means in invention of a claim 3, and the aforementioned split injection control means performs a split injection control of a propellant, it carries out as the configuration prepared in a rotational frequency hold means to hold an engine speed to an abbreviation fixed rotational frequency.

[0016] performing a split injection control of a propellant with this configuration, when an engine is in idle operational status — the valve-opening time of a fuel injection valve — \*\*\*\* — fuel-oil-consumption dispersion when short can be learned, and thereby, even when the minute flow characteristics of a fuel injection valve is grasped correctly and the engine has become idle operational status by the stratification combustion zone, the precision of a fuel-injection control can be raised. Moreover, at the time of the learning, since an engine speed is held by the rotational frequency hold means at an abbreviation fixed rotational frequency even if for example, an external load is turned on and off or engine water temperature changes, change of the operational status of the engine at the time of learning is suppressed, and learning precision can be improved further.

[0017] In invention of a claim 4, the rotational frequency hold means in invention of a claim 3 shall hold an engine speed by rectifying ignition timing, when ignition timing is set to the angle-of-delay side rather than predetermined optimum ignition timing or its predetermined near. By this, an engine speed can be held to an abbreviation fixed rotational frequency, without ignition timing of an engine changing the air-fuel ratio status of fuel oil consumption or a combustion chamber a tooth lead angle or by carrying out the angle of delay in the domain by the side of the angle of delay rather than optimum ignition timing.

[0018] In invention of a claim 5, when ignition timing is set as predetermined optimum ignition timing or its predetermined near in the rotational frequency hold means in invention of a claim 3, an engine speed shall be held by rectifying fuel oil consumption. By this, when ignition timing of an engine is set as optimum ignition timing or its near, since the tooth-lead-angle correction of the ignition timing cannot be carried out, an engine speed can be held to an abbreviation fixed rotational frequency by increasing or decreasing fuel oil consumption in such a case as a matter of fact.

[0019] It considers as a time interval until change of the fuel oil consumption to which a predetermined time interval originates in this injection operation from an end of the 1st injection operation of a fuel injection valve at invention of a claim 6 carries out an abbreviation convergence, and let the aforementioned time interval be abbreviation 2.9 ms concretely in invention of a claim 7.

[0020] Since the 2nd injection operation is performed after being completed in general by change of the fuel oil consumption which originates in change of the fuel pressure force, deflation of \*\*\*\*, etc. by the 1st injection operation of a fuel injection valve by carrying out like this, the bad influence by change of fuel oil consumption can be eliminated, and the operation effect by invention of a claim 1 can fully be acquired.

[0021] In invention of a claim 8, while setting up the start stage of the 1st injection operation [ 2nd ] by the fuel injection valve so that an injection time spacing may become abbreviation fixed time at the time of learning by the learning-control means, the fuel-injection-timing setting means in a claim 6 shall be set up except the time of learning so that an injection time spacing may change according to the operational status of an engine.

[0022] By carrying out like this, except the time of learning of fuel-injection dispersion, while the stage of fuel injection can be set up according to change of an engine speed, fuel oil consumption, etc. so that the mixture with the fuel spray and inhalation of air can be promoted, and a mpg performance etc. can fully be raised, by fixing the injection time spacing in split injection to abbreviation regularity at the time of learning, change of the fuel oil consumption by the 2nd injection operation can be canceled, and learning precision can be raised as much as

possible.

[0023] In invention of a claim 9, when an engine is in the steady operation status and the deflection status of fuel oil consumption is learned by the learning-control means in invention of a claim 8, an ignition-timing control means to control ignition timing shall be established so that the output torque of an engine may become an abbreviation constant value.

[0024] That is, when an engine is in the steady operation status, even if an injection time spacing changes in connection with the change with the time of learning of fuel-oil-consumption dispersion, and un-learning, the torque change by that can be prevented.

[0025] Next, with the 2nd resolution means of this invention, it was a time of performing intake-stroke split injection, and only when the injection time spacing between the 1st injection operation [ 2nd ] became more than a predetermined time interval, the deflection status of fuel oil consumption was learned.

[0026] Invention of a claim 10 a propellant in the cylinder internal combustion glow room of an engine Namely, direct. An air-fuel ratio detection means to detect the air-fuel ratio status of the aforementioned combustion chamber on the assumption that the fuel control system which is equipped with the fuel injection valve which carries out injection supply, and controlled the injection quantity and fuel injection timing of the propellant by this fuel injection valve, The split injection control means which divides a propellant into multiple times by the aforementioned fuel injection valve in the intake stroke of a cylinder, or the term in early stages of a compression stroke, and is made to inject when an engine is in predetermined operational status. When [ which is a time of a split injection control of a propellant being performed by this split injection control means, and is depended on a fuel injection valve ] the injection time spacing to start of the 2nd injection operation from an end of the 1st injection operation becomes more than a predetermined time interval Based on the signal from the aforementioned air-fuel ratio detection means, it considers as the configuration which establishes a learning-control means to learn the deflection status from the desired value of the actual fuel oil consumption by the fuel injection valve.

[0027] Since according to this configuration the deflection status of fuel oil consumption is learned by the learning-control means only when the injection time spacing of the split injection by the fuel injection valve is more than a predetermined time interval, change of the fuel oil consumption at the time of the 2nd injection operation can fully learn fuel-oil-consumption dispersion with a sufficient precision in the state of the parvus as well as invention of a claim 1.

[0028] Next, with the 3rd resolution means of this invention, when performing intake-stroke split injection, while the deflection status of fuel oil consumption was learned, when the injection time spacing between the 1st injection operations [ 2nd ] of this fuel injection valve was more than a predetermined time interval, compared with the time which is not so, it was made to make a big weighting a learning result.

[0029] Namely, invention of a claim 11 equips the cylinder internal combustion glow room of an engine with the fuel injection valve which carries out injection supply of the propellant directly, and is premised on the fuel control system which controlled the injection quantity and fuel injection timing of the propellant by this fuel injection valve. And when an air-fuel ratio detection means to detect the air-fuel ratio status of the aforementioned combustion chamber, and an engine are in predetermined operational status When a split injection control of a propellant is performed by the split injection control means which divides a propellant into multiple times by the aforementioned fuel injection valve in the intake stroke of a cylinder, or the term in early stages of a compression stroke, and is made to inject, and this split injection control means Based on the signal from the aforementioned air-fuel ratio detection means, a learning-control means to learn the deflection status from the desired value of the actual fuel oil consumption by the fuel injection valve is established. It considers as the configuration which makes a weighting bigger than the time of this injection time spacing being under a predetermined time interval a learning value in case [ which depends this learning-control means on a fuel injection valve ] the injection time spacing to start of the 2nd injection operation from an end of the 1st injection operation is more than a predetermined time interval.

[0030] When the injection time spacing of the split injection by the fuel injection valve is more than a predetermined time interval, while the deflection status of fuel oil consumption can be correctly learned by the learning-control means as well as invention of a claim 10 according to this configuration, even if this injection time spacing is under a predetermined time interval, the learning frequency under engine operation can be raised by performing learning by the learning-control means. And a fall of learning precision can be suppressed to the degree of minimum by making a weighting a learning value according to the reliability of learning.

[0031]

[Embodiments of the Invention] (Whole configuration) View 2 shows the whole fuel-control-system A configuration of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine concerning the operation gestalt of this invention, and 1 is the multi-cylinder gasoline engine carried in the vehicle. This engine 1 has two or more cylinders 2 and 2, the cylinder block 3 with which — (one is accepted and it illustrates) was prepared in series, and the cylinder head 4 arranged on this cylinder block 3, the piston 5 is fitted in possible [ reciprocation in the vertical orientation of drawing ] into this \*\*\*\*\* 2, and the combustion chamber 6 is divided in the cylinder 2 between the top face of the piston 5, and the base of the cylinder head 4. On the other hand than the aforementioned piston 5, in the downward

cylinder block 3, it is supported free [ rotation of a crankshaft 7 ], and the drive link of this crankshaft 7 and piston 5 is carried out by the connecting rod. Moreover, the electromagnetic crank angle sensor 8 which detects the angle of rotation is arranged in the end side of a crankshaft 7, further, the water jacket in a cylinder block 3 is attended, and the coolant temperature sensor 9 which detects a circulating water temperature (engine water temperature) is arranged.

[0032] While being attached in the cylinder head 4 of the combustion chamber 6 upper part for every aforementioned cylinder 2 so that the ignition plug 11 connected to the ignition circuit 10 may attend the upper part of a combustion chamber 6, the injector (fuel injection valve) 12 is attached in the periphery section of a combustion chamber 6 so that direct injection supply of the propellant may be carried out. That is, as shown also in drawing 3, the cavity which consists of two inclined planes every cylinder 2 is formed in the base of the cylinder head 3, inhalation of air and the exhaust air ports 13 and 14 are carrying out opening of every two to each of this inclined plane, respectively, and inhalation of air and the exhaust air bulbs 15 and 15, and -- are arranged so that each of that opening edge may be opened and closed. The aforementioned suction ports 13 and 13 are linearly prolonged toward the slanting upper part from a combustion chamber 6, respectively, and are carrying out opening to the 1 side face (left lateral of drawing 2) of an engine 1, and on the other hand, the aforementioned exhaust air ports 14 and 14 are prolonged at an abbreviation horizontal, respectively, and are carrying out opening to the other side faces (right lateral of drawing 2) of an engine 1.

[0033] Moreover, the aforementioned injector 12 is arranged at the lower part so that it may be inserted into two suction ports 13 and 13. The nose of cam side nozzle hole of this injector 12 approaches \*\*\*\* of two inhalation-of-air bulbs 15 and 15, and the periphery section of a combustion chamber 6 is faced it, and it injects a propellant from the side to this combustion chamber 6. On the other hand, it connects with the hyperbaric-pressure fuel pump 18 through the fuel-supply path 17 common to all cylinders, and an injector 12 is supplied to an injector 12, adjusting a propellant in the proper pressure status with this hyperbaric-pressure fuel pump 18 and the hyperbaric-pressure pressure regulator outside drawing. Moreover, the fuel-pressure sensor 19 for detecting the fuel pressure force (fuel pressure) is formed in the aforementioned fuel-supply path 17. And if a propellant is injected by the aforementioned injector 12 after the compression stroke middle of a cylinder 2, the trap of the fuel spray will be carried out to mold cavity 5a of the shape of an ellipse formed in the top face of a piston 5, and the layer of an enriched mixture will be formed relatively [ neighborhood / ignition plug 11 ]. on the other hand, if a propellant is injected by the intake stroke of a cylinder 2 by the aforementioned injector 12, the fuel spray will be diffused in a combustion chamber 6, and will be mixed with inhalation of air -- having -- abbreviation -- a uniform gaseous mixture is formed

[0034] As shown in the aforementioned view 2, the inhalation-of-air path 20 is connected to the 1 side face of an engine 1 so that it may be open for free passage to a suction port 13. This inhalation-of-air path 20 supplies the inhalation of air filtered by the air cleaner outside drawing to the combustion chamber 6 of an engine 1, and the hot-wire formula intake air flow sensor 21 (inhalation air-content detection means) which detects the inhalation air content inhaled in a combustion chamber 6, the electric-type throttle valve 22 which extracts the inhalation-of-air path 20, and the surge tank 23 are arranged in order toward the lower-stream-of-a-river side from the upstream side, respectively. The aforementioned electric-type throttle valve 22 is not mechanically connected to the accelerator pedal outside drawing, but is driven by the electrical motor, and is opened and closed. Furthermore, the throttle opening sensor 24 which detects the opening of the aforementioned throttle valve 22, and the intake-pressure sensor 25 for detecting the pressure status of down-stream inhalation of air rather than this throttle valve 22 are arranged, respectively.

[0035] Moreover, rather than the aforementioned surge tank 23, the inhalation-of-air path 20 by the side of a lower stream of a river is made into the independent path which branches every cylinder 2, the down-stream edge of each of that independent path branches to two more, it is open for free passage to suction ports 8 and 8, respectively, and the swirl control valve 26 is formed in one side of the fork road. This swirl control valve 26 consists of a butterfly valve, as shown also in drawing 3, is driven with an actuator, and is opened and closed. And if this swirl control valve 26 is closed, as for inhalation of air, most will flow into a combustion chamber 6 only from the fork road of another side. While a swirl strong against this combustion chamber 6 is generated, the swirl control valve 26 takes for opening, inhalation of air comes to be inhaled from both fork roads and the tumble component of inhalation of air becomes strong. The flueway 28 which discharges combustion gas (exhaust air) from a combustion chamber 6 is connected to the other side faces of the aforementioned engine 1 in which a swirl component becomes weaker. The upper edge of this flueway 28 consists of an exhaust manifold 29 which branches every cylinder 2 and is open for free passage in the exhaust air port 14, and O<sub>2</sub> sensor 30 which detects the oxygen density under exhaust air is arranged in the set section of this exhaust manifold 29. Although the so-called lambda sensor which an output inverts in the shape of a step bordering on theoretical air fuel ratio is used so that this O<sub>2</sub> sensor 30 may correspond to the air-fuel ratio detection means for detecting an air-fuel ratio based on the oxygen density under exhaust air and it may illustrate to drawing 9 with this operation gestalt, it is possible not only this but to use the so-called linear sensor by which the linear output according to the oxygen density is obtained in the



large domain containing theoretical air fuel ratio.

[0036] Moreover, the upper edge of an exhaust pipe 31 is connected to the set section of the aforementioned exhaust manifold 29, and the catalyst 32 for purifying exhaust air is connected to the down-stream edge of this exhaust pipe 31. While the oxygen density under exhaust air absorbs NO<sub>x</sub> in the high hyperoxia ambient atmosphere (for example, 4% or more), this catalyst 32 is the thing of NO<sub>x</sub> absorption reduction type which emits and carries out the reduction depuration of the NO<sub>x</sub> absorbed by fall of an oxygen density, and demonstrates the high exhaust air depuration performance as the so-called three way component catalyst in which it is especially the same near the theoretical air fuel ratio.

[0037] Furthermore, multipoint connection of the upper edge of the EGR path 33 which makes a part of exhaust air which flows a flueway 28 flow back in an inhalation-of-air system is carried out to the upstream side of the aforementioned exhaust pipe 31. It connects with the inhalation-of-air path 20 between the aforementioned throttle valve 22 and the surge tank 23, the EGR valve 34 of the electric type in which opening adjustment is possible is arranged in the near, and the down-stream edge of this EGR path 33 adjusts the amount of reflux of exhaust air by the EGR path 33.

[0038] The operation control of the drive motor of the ignition circuit 10 of the aforementioned ignition plug 11, the injector 12, and the electric-type throttle valve 22, the actuator of the swirl control valve 26, the actuator of the electric-type EGR valve 34, etc. is carried out by the control unit 40 (henceforth ECU). On the other hand, the output signal of the accelerator opening sensor 35 which each output signal of the aforementioned crank angle sensor 8, the coolant temperature sensor 9, the intake air flow sensor 21, the throttle opening sensor 24, the intake-pressure sensor 25, and O<sub>2</sub> sensor 30 is inputted, in addition detects the opening (accelerator control input) of an accelerator pedal at least, and each output signals, such as an intake temperature sensor which detects an intake-air temperature although not illustrated, and an atmospheric pressure sensor which detects atmospheric pressure, are inputted into this ECU40.

[0039] (Schema of an engine control) Aforementioned ECU40 controls the reflux rate of the exhaust air adjusted by the fuel oil consumption by the injector 12 and fuel injection timing, the inhalation air content adjusted by the throttle valve 22, the inhalation-of-air swirl strength adjusted by the swirl control valve 26, and the EGR valve 34 etc. as a control parameter related to an engine output according to the operational status of an engine 1, respectively. Thereby, according to the operational status, the gestalt of the fuel injection by the injector 12 is changed, and an engine 1 is operated in the state of different combustion (operation mode).

[0040] That is, as shown, for example in drawing 4, as predetermined field (\*\*) by the side of low load low rotation is made into a stratification combustion zone at the time between [ of an engine 1 ] \*\*s and it is shown in drawing 5 (a), a propellant is put in block with an injector 12 after the compression stroke middle of a cylinder 2, and it is made to inject, and becomes the combustion mode burned in the state of the stratification in which a gaseous mixture is unevenly distributed near the ignition plug 11. In this stratification combustion mode, in order to reduce the pumping loss of an engine 1, while the opening of a throttle valve 22 is enlarged, like the after-mentioned, it is made to flow back a lot of exhaust air, and the average air-fuel ratio of the combustion chamber 6 at this time will be in the very \*\*\*\*\* status (about [ for example, ]  $A/F = 30$ ). In addition, although the aforementioned view 5 is the timing-diagram view having shown typically the fuel injection timing of an engine, i.e., an injection operation of an injector 12, it corresponds to the valve-opening status that \*\*\*\* of an injector 12 carries out the lift of describing this drawing as "ON", and a propellant is injected from a nozzle hole, and, on the other hand, describing it as "OFF" corresponds to the valve-closing status that the nozzle hole is shut by \*\*\*\* of an injector 12.

[0041] on the other hand -- the aforementioned field (\*\*) -- all operating-range (\*\*) (\*\*) (\*\*) (\*\*)s of an except are made into the uniform combustion zone, and become the combustion mode burned after making the propellant inject by the intake stroke of a cylinder 2 with an injector 12, fully mixing with inhalation of air and forming a uniform gaseous mixture in a combustion chamber 6, as shown in drawing 5 (b) and (c) In field (b)(c)(d) of this uniform combustion zone So that the air-fuel ratio of the gaseous mixture in a combustion chamber 6 may turn into abbreviation theoretical air fuel ratio ( $A/F = 14.7$ ,  $\lambda = 1$ ) Fuel oil consumption, the throttle opening, etc. are controlled (henceforth the strike \*\*\*\*\* mode). on the relative target to shoot in field (c) of rotation among an inside load As shown in this drawing (b), an injector 12 divides a propellant two during the first half of an intake stroke, or the middle, and it is made to inject. Thereby, it is fully spread in the quick term of the inhalation-of-air rate of flow to a combustion chamber 6, and it is mixed with inhalation of air, the fuel spray will be in the good. uniform combustion status, and a reduction of mpg or an emission is achieved. Moreover, at operating-range (e) by the side of the heavy load in a uniform combustion zone, or high rotation, it is the status (for example,  $A/F = 1$ ) more rich than theoretical air fuel ratio about an air-fuel ratio. In addition, you may be made to perform split injection of the propellant in the aforementioned field (c) in the term in early stages of a compression stroke from the intake stroke of a cylinder 2.

[0042] Moreover, in each aforementioned operation mode, it is made to carry out a change setup of the fuel injection timing (valve-opening stage) of the propellant by the injector 12 according to the operational status of an engine 1. For example, in the stratification combustion mode, securing the time for vaporization atomization of the

propellant injected by the compression stroke of a cylinder 2, fuel injection timing is mainly set up according to fuel oil consumption or an engine speed so that this fuel spray may be pertinently stratification-ized centering on the ignition plug 11 neighborhood. On the other hand, since it is desirable to terminate injection of the propellant by around the middle of an intake stroke in order to promote efficiently vaporization atomization of a propellant, a diffusion, and the mixture with inhalation of air when injecting a propellant collectively in the strike \*\*\*\*\* mode or the enrichment mode, fuel injection timing is mainly set up according to fuel oil consumption so that it may become so. Moreover, since it is desirable to set up pertinently injection time spacing  $\Delta t$  after ending the 1st injection operation of an injector 12 other than the above conditions until it starts the 2nd injection operation when a propellant is divided two and it makes it inject, this is also taken into consideration and it is made to set up the 1st time and the 2nd valve-opening stage of an injector 12, respectively.

[0043] Furthermore, in the field which puts in and shows the oblique line in this drawing, the EGR valve 34 is made to open and it is made to flow back to the inhalation-of-air path 20 by the EGR path 33 in a part of exhaust air, and by this, the heat capacity of a combustion chamber 6 can be increased by reflux of exhaust air, and occurrence of NOx accompanied by combustion can be suppressed. Since the mixture with a propellant and inhalation of air is especially promoted by split injection of a propellant by field (c) and the combustion stability is raised, even if it is in the status that an engine load is comparatively high, exhaust air of sufficient amount can be made to flow back. In addition, at the time between the engine colds, in order to secure a combustion stability, all the operating ranges of an engine 1 are made into the uniform combustion zone.

[0044] (Fuel-injection control) While an operation mode is switched with this operation gestalt like \*\*\*\* according to the operational status of an engine 1, it is made to change fuel injection timing so that the combustion status of the propellant injected with the injector 12 may become the optimum from the viewpoint of coexistence of a mpg performance or an exhaust air defecation. Along with the following, it explains in the flow chart view of an engine 1 which shows the procedure of a fundamental fuel-injection control in drawing 6 concretely.

[0045] First, in step SA1 after a start, while various sensor signals, such as the crank angle sensor 8, the coolant temperature sensor 9, the fuel-pressure sensor 19, the intake air flow sensor 21, the intake-pressure sensor 25, and the accelerator opening sensor 35, are accepted, various data are inputted from the memory of ECU40. Then, in step SA2, the inhalation-of-air charging efficiency  $\eta_c$  is calculated based on the engine speed  $n_e$  and the output from an intake air flow sensor 21 which are calculated based on the output from the crank angle sensor 8. Then, target load  $P_{iobj}$  of an engine 1 is calculated in step SA3. As shown in drawing 7 (a), the value corresponding to the accelerator opening  $acc$  and the engine speed  $n_e$  is determined experimentally beforehand, is memorized by the memory of ECU40 as a map, and reads this target load  $P_{iobj}$  from this map.

[0046] Then, in step SA4, it judges whether it is a stratification combustion zone based on target load  $P_{iobj}$  and the engine speed  $n_e$  for which it asked by aforementioned step SA3 from the map which matched and set the operation mode of an engine 1 to target load  $P_{iobj}$  and the engine speed  $n_e$  as shown in drawing 7 (b). If this judgment result is YES, it will progress to step SA5, and the target air-fuel ratio  $afw$  of an engine 1 will be calculated, then fuel-injection-timing  $th_{inj}$ , i.e., the valve-opening start stage of an injector 12, will be calculated in step SA6, and it will progress to step SA11. Here, as shown in drawing 7 (c) and (d), the optimum value corresponding to target load  $P_{iobj}$  and the engine speed  $n_e$  is determined experimentally beforehand, is memorized by the memory of ECU40 as a map, and reads the aforementioned target air-fuel ratio and the value of fuel injection timing from this map, respectively. That is, in the stratification combustion status, fuel oil consumption is determined according to target load  $P_{iobj}$  of an engine 1.

[0047] On the other hand, if judged with NO which is not a stratification combustion zone in aforementioned step SA4, in continuing steps SA7 and SA8, the target air-fuel ratio  $afw$  and the fuel injection timing  $th_{inj1}$  and  $th_{inj2}$  in the intake stroke of a cylinder 2 will be calculated, respectively. As shown in drawing 7 (e) and (f), respectively, the optimum value corresponding to the inhalation-of-air charging efficiency  $\eta_c$  and the engine speed  $n_e$  is determined experimentally beforehand, is memorized by the memory of ECU40 as a map, and also reads this target air-fuel ratio and the value of fuel injection timing from this map. That is, in the uniform combustion status, fuel oil consumption is determined according to the actual inhalation-of-air charging efficiency  $\eta_c$  of a cylinder 2. Moreover, in the operational status corresponding to field (b)(d) in the aforementioned fuel injection timing  $th_{inj1}$  and  $th_{inj2}$ , only the 1st fuel injection timing  $th_{inj1}$  is set up, and the fuel injection timing  $th_{inj1}$  and  $th_{inj2}$  of the 1st time and the 2nd both is set up in the operational status corresponding to field (c).

[0048] In step SA9 which follows aforementioned step SA8, feedback control of an air-fuel ratio based on the output signal from O2 sensor 30 can be performed, or (are they F / B condition formation?) it judges in how. For example, if engine water temperature is more than predetermined temperature, and it is in the status that O2 sensor 30 operates correctly and the operation mode of an engine 1 is the strike \*\*\*\*\* mode (field (\*\*)(\*\*)(\*\*)), it judges with YES in which feedback conditions are satisfied, and progresses to step SA10, and based on the output signal from O2 sensor 30, the feedback correction value  $cfb$  of fuel oil consumption will be calculated, and it will progress to step SA11. NO in which feedback conditions will not be satisfied on the other hand if engine water temperature is low or is the enrichment mode -- judging -- as it is -- coming out ( $cfb=0$ ) -- it progresses to step

SA11

[0049] Following aforementioned step SA6, step SA9, or step SA10, by step SA11, based on the target air-fuel ratio  $afw$  and the inhalation-of-air charging efficiency  $ce$ , the target fuel oil consumption  $q_i$  is mainly calculated so that it may become the target air-fuel ratio  $afw$  for which it asked as mentioned above.

[0050]

KGKF of the right-hand-side 1st term in the  $q_i = KGKF \times (ce/afw) \times cdpf \times$  aforementioned  $(1+cfb+ctotal)$  operation expression is a well-known flow rate transform coefficient conventionally,  $cdpf$  of the 3rd term is a correction factor according to fuel pressure or cylinder internal pressure, and  $ctotal$  of the 4th term is the correction value according to various service conditions, such as engine water temperature. In this flow, when an engine 1 is in field (b)(c)(d) as mentioned above, the feedback correction value  $cfb$  calculates based on the output from O2 sensor 30, and feedback control of the fuel oil consumption is carried out by the aforementioned operation expression. On the other hand, in stratification combustion-zone (b), since it is set to  $cfb=0$ , a control of fuel oil consumption turns into feedforward control.

[0051] And in this step SA11, in dividing a propellant two and making it inject by the intake stroke of a cylinder 2 (field (\*\*)), abbreviation division into equal parts of the target fuel oil consumption  $q_i$  calculated as mentioned above is carried out, and it carries out in target fuel oil consumption  $q_{i1}$  and  $q_{i2}$  of the 1st time and the 2nd time, respectively. In addition, you may be made to set up the 1st target fuel oil consumption  $q_{i1}$  fewer than the 2nd time so that the with the 1st time and an aforementioned target fuel oil consumption [ 2nd ] rate of split ratio may be changed according to the operational status of an engine 1, for example, injection time spacing  $\Delta t_{at}$  can be secured enough for a long time in predetermined operational status.

[0052] By step SA12, injection pulse width  $T_i$  is calculated according to flow-characteristics map M of the injector 12 which is shown in drawing 8 as a solid line based on the calculated aforementioned target injection quantity  $q_{i1}$  and  $q_{i2}$  following aforementioned step SA11. And in continuing step SA13, if the 1st time and the 2nd fuel injection timing  $th_{inj1}$  and  $th_{inj2}$  are judged, respectively and fuel injection timing comes based on the signal from the crank angle sensor 8, injection pulse  $T_i$  will be outputted to an injector 12, fuel injection will be performed, and a return will be carried out to after an appropriate time.

[0053] The procedure of each step of steps SA7-SA13 of the flow shown in the aforementioned view 6 corresponds to split injection control means 40a which divides a propellant into 2 times by the intake stroke of a cylinder 2 with an injector 12, and is made to inject, when an engine 1 is in field (c) of the uniform combustion status.

[0054] (Operation of feedback correction value) Next, the operation procedure of the feedback correction value  $cfb$  in step SA10 of aforementioned view 6 is concretely explained along with drawing 9 - view 11.

[0055] First, if it becomes \*\*\*\*\* from it while it will increase rapidly if an air-fuel ratio becomes rich rather than it although the output (electromotive force) of O2 sensor 30 arranged in the flueway 28 of an engine 1 becomes a reference value  $E1$  when the oxygen density under exhaust air is the concentration (0.5% of for example, abbreviation) corresponding to abbreviation theoretical air fuel ratio as shown in drawing 9, it will decrease rapidly. Then, if it is YES in  $E > E1$  while progressing output  $E$  from O2 sensor 30 to step SB5 in step SB1 after a start first as compared with a reference value  $E1$  if it is NO which is not  $E > E1$  as shown in the flow chart view of drawing 10, it will progress to step SB2. At this step SB2, shortly, in the last control cycle, it judges whether sensor output  $E$  was one or less reference-value  $E$ , if this judgment is YES ( $E \leq E1$ ), it will progress to step SB3, and the large proportional control gain  $C_p$  is relatively subtracted from the last value of the feedback correction value  $cfb$ , and a value is computed this time [ the ]. On the other hand, if it is NO in aforementioned output  $E > E1$ , it will progress to step SB4, parvus integral-control gain  $C_i$  will be relatively subtracted from the last value of the feedback correction value  $cfb$ , and a value will be computed this time [ the ].

[0056] On the other hand, at step SB5 which progressed by being judged with NO which is not  $E > E1$ , the air-fuel ratio feedback correction value  $cfb$  is computed like the aforementioned steps SB2-SB4 by the aforementioned step SB2. That is, it judges whether sensor output  $E$  was larger than the reference value  $E1$  in the last control cycle, and if it is NO which was not  $E > E1$  while it will progress to step SB6, the proportional control gain  $C_p$  will be added to the last value of the feedback correction value  $cfb$  and a value will be computed this time, if this judgment is YES, it will progress to step SB7 and integral-control gain  $C_i$  will be added to the last value of the feedback correction value  $cfb$ .

[0057] As shown in drawing 11, the air-fuel ratio of exhaust air by the rich side that is, while output  $E$  of O2 sensor 30 is larger than a reference value  $E1$  By subtracting the control gain  $C_p$  and  $C_i$  from the feedback correction value  $cfb$ , and decreasing the value While carrying out the decrement correction of the fuel oil consumption by the injector 12, on the contrary, sensor output  $E$  is adding the control gain  $C_p$  and  $C_i$  to the feedback correction value  $cfb$  between parvus rather than a reference value  $E1$ , and increasing the value, and it is made to carry out the increase correction of the fuel oil consumption. It is controlled by this by the value near the theoretical air fuel ratio, the air-fuel ratio of a combustion chamber 6 changing to the both sides by the side of rich and \*\*\*\*\* periodically on both sides of theoretical air fuel ratio.

[0058] (Learning correction of an injector flow characteristics) The characteristic feature of this invention is in the procedure of the learning correction control which rectified injector flow-characteristics map M based on the feedback correction value cfb, in order to rectify dispersion in the fuel oil consumption by the individual differences of an injector 12 etc.

[0059] That is, the flow characteristics of the aforementioned injector 12 differs from the typical flow characteristics when the minute flow characteristics at the time ( $T_i < T_i^*$ ) of the \*\*\*\* parvus has other injection pulse width ( $T_i > T_i^*$ ), as shown in map M of aforementioned view 8, and M'. This typical flow characteristics is expressed with the property of abbreviation alignment that the injection pulse width  $T_i$  is proportional to fuel-oil-consumption  $q$  [ the large domain of injection pulse width  $T_i$  ]. On the other hand, although a minute flow characteristics is greatly different with each injector 12, sufficient repeatability is obtained about one injector 12.

[0060] In order to raise the control precision of the fuel oil consumption by such injector 12, while injection pulse width  $T_i$  and fuel-oil-consumption  $q$  learn dispersion in actual fuel oil consumption and grasp the typical flow characteristics of an injector 12 correctly in the domains b, c, d, and e which show a linear correspondence relation, it is necessary to learn dispersion in actual fuel oil consumption also about \*\*\*\* parvus domain a of injection pulse width  $T_i$  corresponding to a minute flow characteristics.

[0061] Then, when an engine 1 is in field (\*\*) which performs intake-stroke split injection essentially with this operation gestalt (domains c and d in the field map of drawing 4 ), And when it is in field (\*\*) which performs intake-stroke batch injection (similarly domain e), while dispersion in fuel oil consumption is learned based on the signal from O2 sensor 30, respectively When the engine 1 is idle operational status, it is made to perform learning about domain a by considering learning about domain b as 2 \*\*\*\* injection again at this time as intake-stroke batch injection compulsorily, respectively. About especially this domain a, as mentioned above, since it is the large place of dispersion by the individual differences of an injector 12, the need of learning is high.

[0062] However, when an injector 12 divides a propellant into 2 times like the aforementioned domains a, c, and d, it is made to inject and injection time spacing  $\Delta t$  between the injection operation becomes short, the amount of the propellant injected by the 2nd injection operation may be in the unstable status change greatly, and the learning result of fuel-oil-consumption dispersion at this time may lack a reliability remarkably. Possibility that such a phenomenon will occur especially since the time interval corresponding to the same crank angle spacing becomes short relatively in an engine's 1 like domain c high rotation side is very high. Moreover, it is thought by the fuel pressure force's declining greatly momentarily in connection with the 1st injection operation inside an injector 12, and the pressure wave generated at this time spreading the inside of the fuel-supply path 17, and exciting a fuel-supply system as a cause by which \*\* or \*\*\*\*\* occurs, for example, that it is based on changing greatly the fuel pressure force supplied to an injector 12.

[0063] For example, the experimental data performed using the gasoline engine which has the same combustion chamber structure as the engine 1 of this operation gestalt is shown in drawing 12. In this experiment, the amount of deflection from the desired value of actual fuel oil consumption is measured, changing various the 1st fuel oil consumption, engine water temperature, ignition timing, etc., while maintaining an engine speed to either 1500rpm or 3000rpm. If it takes into consideration that solid-state dispersion of an injector and the error of instrumentation which were used for the experiment are included in this measurement value, the amount of deflection of the fuel oil consumption by the 2nd injection operation of an injector 12 Although it changes quite greatly until injection time spacing  $\Delta t$  turns into predetermined time interval  $\Delta t_0$  (the example of drawing 2.9 mses), if injection time spacing  $\Delta t$  turns into the zero or more aforementioned predetermined time interval  $\Delta t_0$ , on the other hand, it can be said that it goes to a convergence quickly.

[0064] And if fuel oil consumption is changed greatly as mentioned above, since it is difficult, learning dispersion in the fuel oil consumption by the individual differences of an injector 12 etc. with a sufficient precision In fuel-control-system A of this operation gestalt, it is based on an above-mentioned \*\*\*\* test result, as a characteristic feature fraction of this invention When it is a time of an injector 12 dividing a propellant into 2 times, and making it inject and fuel-oil-consumption dispersion by this injector 12 is learned We decided that the start stage of the aforementioned 1st injection operation [ 2nd ] is set up, respectively so that injection time spacing  $\Delta t$  in the meantime may become more than a predetermined time interval.

[0065] Next, the procedure of the learning control of fuel oil consumption is explained based on drawing 13 - view 15. First, in step SC1 after a start of the flow shown in drawing 13, while various sensor signals, such as the crank angle sensor 8, the intake air flow sensor 21, O2 sensor 30, and the accelerator opening sensor 35, are accepted, various data are inputted from the memory of ECU40. Then, in step SC2, it judges whether an engine 1 is idle operational status based on the accelerator opening  $acc$  and the engine speed  $ne$ . If a judgment is YES while progressing to step SD1 of the flow shown in drawing 15, if this judgment is NO, it will progress to step SC3 and learning judging flag  $Flm$  will judge shortly whether it is an OFF state. It is what shows that learning was completed. the time a and b's of the engine 1 being idle operational status, as for this learning judging flag  $Flm$ , i.e., domains, -- about -- This judgment result judges with having already completed learning, when the flag was turned on ( $Flm=1$ ) by NO. It remains as it is, and while carrying out a return, if flag  $Flm$  is turned off by YES ( $Flm=0$ ), a judgment result

will judge with having not yet completed learning, and will progress to step SC4.

[0066] In this step SC4, shortly, learning setup flag Fprp which shows that learning is ready judges whether it is an ON state, in the following steps SC5-SC8, and SC14-SC17, if a judgment result is YES while progressing to below-mentioned step SC18, if this judgment result is NO, it will judge with it having learning been ready, and learning about domain a and domain b will be performed, respectively. That is, in step SC5, a flag Fb judges first whether it is an OFF state. In the domain fuel-oil-consumption q and injection pulse width Ti indicate a linear correspondence relation to be, as for this flag Fb, injection pulse width Ti shows that learning of fuel-oil-consumption dispersion was most completed about parvus domain b (refer to the drawing 8 ). finishing [ a result / a flag / b / domain / learning ] in NO already if this judgment result is turned on (Fb=1) -- it is -- since -- if the flag Fb is turned off by the judgment result by YES while it progresses to step SC14 and the learning control about domain a is performed (Fb=0) -- learning about domain b -- yet -- it is -- it progresses to step SC6

[0067] The operation mode of the engine 1 made into the stratification combustion status is compulsorily changed into the uniform combustion mode, and while a propellant is made to inject collectively by the intake stroke of a cylinder 2 so that the air-fuel ratio of a combustion chamber 6 may turn into abbreviation theoretical air fuel ratio (it is set as inhalation-of-air batch injection), the feedback control of fuel oil consumption is made to perform originally in this step SC6 based on the signal from O2 sensor 30. And based on the feedback correction value cfb used for the feedback control in this status in continuing step SC7, the deflection to the target fuel oil consumption of actual fuel oil consumption is learned, and a flag Fb is made into an ON state by continuing step SC8 (Fb<-1). That is, the feedback correction value cfb is memorized for every cycle of the feedback control of fuel oil consumption, and average cfb#ave for a predetermined cycle is calculated as a learning value which shows dispersion in fuel oil consumption. This average cfb#ave is a value reflecting the property of the deflection of the injection quantity by the injector 12, if average cfb#ave is a positive value, there is less actual fuel oil consumption than target fuel oil consumption, and if average cfb#ave is a negative value on the other hand, there will be more actual fuel oil consumption than target fuel oil consumption.

[0068] Then, in step SC9, the rotational frequency deflection of the engine speed ne for which it is asked based on the signal from the crank angle sensor 8, and predetermined idle rpm is calculated, and in continuing step SC10, based on the rotational frequency deflection, a tooth lead angle or the ignition-timing control which carries out the angle of delay is performed for ignition timing so that an engine speed ne may turn into the aforementioned idle rpm. That is, as shown in drawing 14 , when the air-fuel ratio of a combustion chamber 6 is abbreviation theoretical air fuel ratio (14.7), the output torque of an engine 1 can be adjusted for ignition timing by the angle-of-delay side rather than MBT a tooth lead angle or by carrying out angle-of-delay correction, and an engine speed ne can be held to idle rpm. In addition, it is the thing of the minimum tooth-lead-angle value (Minimum Advance for the Best Torque) corresponding to [ a thing ] well-known optimum ignition timing when the mechanical luminous efficacy of an engine 1 becomes the highest in MBT shown in this drawing, and generally, ignition timing of an engine is set to an angle-of-delay side rather than MBT, in order to prevent aggravation of remarkable combustion status, such as a flame failure.

[0069] And in step SC11, judge whether ignition timing is in MBT or its near as a result rectified as mentioned above, and if this judgment result is YES, it will progress to step SC12. If ignition timing has a judgment result in an angle-of-delay side rather than MBT by NO while making learning setup flag Fprp into an OFF state (Fprp<0), it will progress to step SC13, learning setup flag Fprp will be made into an ON state (Fprp<-1), and a return will be carried out to after an appropriate time. That is, if there is no ignition timing in MBT or its near, and in other words it is set to the angle-of-delay side more than predetermined rather than MBT, it will judge with it having learning been ready.

[0070] In step SC14 which was flag Fb=1, judged with finishing [ learning ] already and progressed about domain b in aforementioned step SC5 on the other hand While the operation mode of an engine 1 is compulsorily changed into the uniform combustion mode, in order to perform learning about domain a corresponding to the minute flow characteristics of an injector 12, a propellant is divided into 2 times and it is made to make it inject by the intake stroke of a cylinder 2 (it is set as inhalation-of-air split injection). In this case, as shown in the aforementioned view 12 , in order to avoid changing fuel oil consumption greatly, injection time spacing deltati sets up, respectively so that it may become at zero or more predetermined time interval deltati (deltati>=deltati0), and it is in this status, and the 1st time and the 2nd fuel injection timing thtini1 and thtini2 of an injector 12 make the feedback control of fuel oil consumption perform to step SC15 based on the signal from O2 sensor 30.

[0071] Then, in step SC16, based on the feedback correction value cfb, the deflection status of fuel oil consumption is learned like aforementioned step SC7, by continuing step SC17, after making learning judging flag Flrn into an ON state (Flrn<-1), it progresses to the aforementioned steps SC9-SC13, and an ignition-timing control is performed so that an engine speed ne may be held to idle rpm, and a return is carried out to after an appropriate time.

[0072] That is, if an engine 1 is in idle operational status, and learning in either of the domains a and b does not end and learning is ready, while the engine 1 which is in the stratification combustion status will be compulsorily

switched to the uniform combustion status in theoretical air fuel ratio, feedback control is made to perform based on the signal from O2 sensor 30, and it is made to learn dispersion in fuel oil consumption based on the feedback correction value cfb.

[0073] On the other hand, in aforementioned step SC4, when judged with learning not being ready (i.e., when ignition timing is near the MBT and learning setup flag Fprp is made into the OFF state), it progresses to (Fprp=0) step SC18, and the operation mode of an engine 1 is first changed into the uniform combustion mode compulsorily. Then, in step SC19, a control signal is outputted to the drive motor of the electric-type throttle valve 22, and by increasing a throttle opening, an inhalation air content is increased so that the output torque of an engine 1 may increase. Ignition timing is rectified at an angle-of-delay side so that increase of the output torque by increase of an inhalation air content may be offset by carrying out like this by ignition-timing control of continuing steps SC9 and SC10. Thus, if a setup of learning is made, by continuing step SC11, it will be judged with NO and learning setup flag Fprp will be made into an ON state in continuing step SC13 (Fprp=1). In addition, in order to carry out the angle of delay of the ignition timing as mentioned above, an inhalation air content is increased, and the output torque of an engine 1 is not raised but it may be made to increase the fuel oil consumption by the injector 12.

[0074] Moreover, when judged with NO whose engine 1 is not idle operational status in aforementioned step SC2, it progresses to step SD1 of the flow shown in drawing 15, and, whether the engine 1 is operated by field (c) in the uniform combustion mode, and originally that is, judges whether it is the operating range considered as intake-stroke split injection. If a judgment is YES while progressing to step SD6, if this judgment is NO, it will progress to step SD2 and the start stage thtinj1 and thtinj2 (split fuel injection timing) of the 1st injection operation [ 2nd ] of the injector 12 at this time will be read. And in continuing step SD3, injection time spacing deltai is calculated based on the aforementioned split fuel injection timing thtinj1 and thtinj2.

[0075] Then, in step SD4, if the calculated aforementioned injection time spacing deltai judges whether they are zero or more predetermined time interval deltai and this judgment result becomes YES, it will progress to step SD5, fuel-oil-consumption dispersion will be learned like the aforementioned steps SC7 and SC14 based on the feedback correction value cfb, and a return will be carried out to after an appropriate time. On the other hand, if the aforementioned judgment result becomes NO, the return of the learning control will be carried out, without carrying out. That is, the engine 1 is operated by field (c), it is a time of inhalation-of-air split injection being performed essentially, and injection time spacing deltai of split injection learns fuel-oil-consumption dispersion, only when long enough. Thereby, in the middle, injection pulse width Ti can learn fuel-oil-consumption dispersion of an about correctly, a degree (domain c) or when large (domain d).

[0076] Furthermore, at step SD6 which progressed by being judged with NO which is not field (c) in the aforementioned step SD1, it judges whether it is in field (b) or (d) shortly. If this judgment is YES, it will progress to the aforementioned step SD5, and the learning control about domain e will be performed. That is, in the operating range to which intake-stroke batch injection is performed, fuel-oil-consumption dispersion in case injection pulse width Ti is the maximum is learned.

[0077] And if learning is completed like \*\*\*\*, respectively about the domains b, c, d, and e corresponding to the typical flow characteristics of domain a corresponding to the minute flow characteristics of an injector 12, and this injector 12, based on average cfb#ave of the feedback correction value which is the learning value, flow-characteristics map M of an injector 12 will be corrected. That is, the multiplication of the predetermined weighting coefficient according to the reliability is carried out, for example to the learning value in each aforementioned domains a-e, and as the value which carried out the multiplication is shown in this drawing by the trigonum mark for every domains a-e to flow-characteristics M before the correction shown in drawing 8 as a solid line, it plots. And also including the point plotted about domain a, while a linear correspondence relation is defined with the least square method about domains b-e as opposed to plotted each point, as a dashed line shows, new flow-characteristics M' is obtained to this drawing. Thus, the flow characteristics containing the minute flow characteristics of an injector 12 is correctly correctable based on an exact learning result, the large operating range of the engine 1 containing a stratification combustion zone can be covered by this, the precision of a fuel-injection control can be raised, and a mpg performance etc. can be raised.

[0078] In addition, like \*\*\*\*, continue for a predetermined cycle, calculate the feedback correction value cfb in a fuel-injection control, and the flow characteristics of an injector 12 is corrected based on the average cfb#ave, and also based on the output signal from O2 sensor 30, and the output signal from an intake air flow sensor 21, actual fuel oil consumption is calculated directly and be made to let deflection of this operation value and the target fuel oil consumption qi be the learning value of fuel-oil-consumption dispersion.

[0079] When an engine 1 is in idle operational status and it learns by learning-control means 40b, step SC14 of the flow shown in the aforementioned view 13 is compulsorily switched to intake-stroke split injection, and corresponds to split injection control means 40a which divides a propellant into 2 times during the intake stroke of a cylinder with an injector 12, and is made to inject. Moreover, step SC16 corresponds to learning-control means 40b which learns dispersion in the actual fuel oil consumption by the injector 12 (deflection status) based on the detection result by O2 sensor 30, and this learning-control means 40b is constituted so that average cfb#ave of



the feedback correction value cfb calculated for the feedback control of an air-fuel ratio may be made into a learning value.

[0080] Moreover, when step SC15 of the aforementioned flow is a time of a split injection control of a propellant being performed by the aforementioned split injection control means 40a and the deflection status of fuel oil consumption is learned by the aforementioned learning-control means 40b so that injection time spacing  $\Delta t$  to start of the 2nd injection operation from an end of the 1st injection operation by the injector 12 may turn into zero or more predetermined time interval  $\Delta t$  it corresponds to fuel-injection-timing setting means 40c which sets up the 1st time of its and 2nd fuel injection timing  $t_{hinj1}$  and  $t_{hinj2}$  (start stage of an injection operation), respectively.

[0081] Furthermore, steps SC9-SC13 of the aforementioned flow correspond to 40d of rotational frequency hold means to hold an engine speed  $n_e$  to an abbreviation fixed rotational frequency by correction of this ignition timing, if ignition timing is set to the angle-of-delay side rather than MBT (optimum ignition timing) or its near when an operation control of an injector 12 is performed so that it may become intake-stroke split injection by the aforementioned split injection control means 10a.

[0082] Moreover, the steps SD1-SD5 of the flow shown in the aforementioned view 15 It is a time of the engine 1 being operated by field (c) and 2 \*\*\*\*\* of propellants being injected by the intake stroke of a cylinder by the injector 12. And when [ which is depended on this injector 12 ] injection time spacing  $\Delta t$  to start of the 2nd injection operation from an end of the 1st injection operation turns into zero or more predetermined time interval  $\Delta t$ , it corresponds to 40d of learning-control means to learn fuel-oil-consumption dispersion.

[0083] Therefore, according to fuel-control-system A of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine concerning this operation gestalt, based on the feedback correction value cfb, dispersion in the fuel oil consumption resulting from the individual differences of an injector 12 etc. can be learned correctly, carrying out feedback control of the fuel oil consumption in field (b)(c)(d) from which an engine 1 becomes the strike \*\*\*\*\* mode based on the signal from O2 sensor 30, respectively.

[0084] Moreover, when an engine 1 is in idle operational status, make a propellant inject by the intake stroke of a cylinder 2 with an injector 12, and the engine 1 which must be in the stratification combustion status is made to operate in the strike \*\*\*\*\* mode compulsorily originally, it is in this status, and dispersion in fuel oil consumption is learned correctly, carrying out feedback control of the fuel oil consumption like the above. furthermore, the thing which an injector 12 divides a propellant two by the intake stroke of a cylinder 2, and is made to inject in idle operational status -- injection pulse width  $T_i$  of an injector 12 -- \*\*\*\*\* -- fuel-oil-consumption dispersion when short can also be learned correctly

[0085] And if fuel-oil-consumption dispersion can be learned correctly such, based on this learning result, the flow characteristics of an injector 12 is correctly correctable also including a minute flow characteristics, and thereby, also in stratification combustion-zone (b) and field (e) in the enrichment mode which cannot perform feedback control, field (b)(c)(d) in the strike \*\*\*\*\* mode which performs feedback control can raise the control precision of fuel oil consumption, and can reduce mpg and an emission sharply from the first. Dispersion in fuel oil consumption is cancelable by the idle operational status of the engine 1 which originates in the property of an injector 12 and is especially easy to become large [ fuel-oil-consumption dispersion ].

[0086] In the aforementioned idle operational status, a propellant two and when making it divide and inject The start stage  $t_{hinj1}$  and  $t_{hinj2}$  of the 1st injection operation [ 2nd ] of an injector 12 respectively -- this, since it is made to set up so that injection time spacing  $\Delta t$  to start of the 2nd injection operation from an end of the 1st injection operation may turn into zero or more predetermined time interval  $\Delta t$  Even if it changes the fuel pressure force by the 1st injection operation of an injector 12 like \*\*\*\*\* or \*\*\*\*\* contracts, change of the fuel oil consumption by the 2nd subsequent injection operation is made small enough, and a fall of the learning precision by the change can be avoided.

[0087] Furthermore, at the time of learning of the aforementioned fuel-injection dispersion, even if external loads, such as a compressor of an air conditioner, are turned on and off or engine water temperature changes, change of the operational status of the engine 1 at the time of learning can be suppressed by ignition timing and an inhalation air content being controlled by 40d of rotational frequency hold means so that an engine speed  $n_e$  may be held at abbreviation regularity, and learning precision can be raised further. If ignition timing can be controlled as mentioned above and an engine speed  $n_e$  can be held especially, since the air-fuel ratio status of fuel oil consumption or a combustion chamber will not be changed, learning precision can be improved also by that.

[0088] An engine 1 is in field (c) in the strike \*\*\*\*\* mode, originally a propellant two with an injector 12 moreover, when making it divide and inject Since it is made to learn fuel-oil-consumption dispersion only when injection time spacing  $\Delta t$  in the split injection is zero or more predetermined time interval  $\Delta t$  Also at this time, it is the same with the time of the aforementioned idle operational status, and change of fuel oil consumption can fully learn fuel-oil-consumption dispersion with a sufficient precision in the state of the parvus.

[0089] (others -- operation gestalt) in addition, this invention is not limited to the aforementioned operation gestalt,

and includes other various operation gestalt. Namely, with the aforementioned operation gestalt, as shown in the flow of drawing 15, an engine 1 is in field (c) in the strike \*\*\*\*\* mode. And although it is made not to perform a learning control in order that injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  may avoid the bad influence by change of fuel oil consumption rather than predetermined time interval  $\Delta t_{at0}$  at the time of the parvus. After rectifying fuel injection timing  $\theta_{tinj1}$  and  $\theta_{tinj2}$  so that injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  may turn into zero or more  $\Delta t_{at}$  not only this but when such, you may be made to perform a learning control.

[0090] Specifically, when injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  is judged rather than predetermined time interval  $\Delta t_{at0}$  in step SD4 of the flow shown in drawing 16 to be the parvus NO, injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  resets up the split fuel injection timing  $\theta_{tinj1}$  and  $\theta_{tinj2}$  so that it may progress to step SD10 and injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  may turn into zero or more  $\Delta t_{at}$ . Then, at continuing step SD12, fuel-injection dispersion is learned in step SD11, the correction control of the ignition timing is carried out so that the output torque of an engine 1 may become abbreviation regularity, and a return is carried out to after an appropriate time. Even if it changes injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  by control of this ignition timing in order to learn fuel-oil-consumption dispersion when an engine 1 is in the steady operation status, change of the output torque of the engine 1 by that can be prevented.

[0091] Step SD10 of the aforementioned flow the start stage  $\theta_{tinj1}$  and  $\theta_{tinj2}$  of the 1st injection operation [ 2nd ] by the injector 12. It corresponds to fuel-injection-timing setting means 40c set up at the time of learning of fuel-oil-consumption dispersion so that injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  may turn into zero or more predetermined time interval  $\Delta t_{at}$ . Step SD11 corresponds to learning-control means 40b. moreover, the step SD12. When an engine 1 is in the steady operation status and fuel-oil-consumption dispersion is learned, it corresponds to ignition-timing control means 40e which controls ignition timing so that the output torque of an engine 1 may become an abbreviation constant value.

[0092] Apart from this, as shown in the flow chart view of drawing 17, when an engine 1 is in field (c) in the strike \*\*\*\*\* mode, while a learning control is performed irrespective of injection time spacing  $\Delta t_{inj}$ , to the learning result at that time, when injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  is zero or more predetermined time interval  $\Delta t_{at}$ , it comes, and a twist may also be made to carry out a big weighting. Namely, in step SD4 of this drawing, when injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  is judged rather than predetermined time interval  $\Delta t_{at0}$  to be the parvus NO, it progresses to step SD20. While the learning control which calculates average  $\Delta t_{at}$  of feedback correction value as a learning value is performed. Compared with a learning value in case injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  is zero or more predetermined time interval  $\Delta t_{at}$ , what is necessary is just made to make a weighting small by carrying out the multiplication of the weighting coefficient smaller than 1 to this learning value relatively.

[0093] While fuel-oil-consumption dispersion can be correctly learned when injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  is zero or more predetermined time interval  $\Delta t_{at}$  if it does in this way, a learning frequency can be raised also by coming learning. And although the reliability of a learning value becomes low by change of fuel oil consumption rather than predetermined time interval  $\Delta t_{at0}$  at the time of the parvus, when injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  carries out a weighting according to the reliability of such a learning value, a fall of the learning precision as whole can be suppressed to the degree of minimum.

[0094] Furthermore, when an injector 12 divides a propellant into 2 times by the intake stroke of a cylinder 2 and it is made to inject like each above-mentioned operation gestalt, you may be made to fix injection time spacing  $\Delta t_{inj}$  between the 1st injection operations [ 2nd ] to a zero or more predetermined time interval  $\Delta t_{at}$  constant value. If it does in this way, since change of the fuel oil consumption by the 2nd injection operation of the aforementioned injector 12 is cancelable, learning precision can be raised as much as possible.

[0095]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as explained, according to the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine concerning invention of a claim 1, operating an engine by abbreviation theoretical air fuel ratio by predetermined operational status, a fuel injection valve divides a propellant into multiple times by the intake stroke of a cylinder etc., it can be made to be able to inject, and fuel-oil-consumption dispersion when the valve-opening time of a fuel injection valve is relatively short can be learned with a sufficient precision by learning the deflection status of fuel oil consumption by the learning-control means in this status. And by setting up the start stage of the 1st injection operation [ 2nd ] of a fuel injection valve, respectively, so that the injection time spacing between these injection operations may become more than a predetermined time interval, change of fuel oil consumption can be reduced and sufficient learning precision can be secured. And by rectifying fuel oil consumption based on the exact learning result, dispersion in fuel oil consumption can be canceled also in the operating range which cannot perform feedback control, and mpg and an emission can be reduced sharply.

[0096] According to invention of a claim 2, dispersion in fuel oil consumption can be learned with high precision by calculating actual fuel oil consumption with a sufficient precision based on the air-fuel ratio status and inhalation air content of a cylinder internal combustion glow room of an engine.

[0097] while performing a split injection control by the idle operational status of an engine according to invention of a claim 3 -- the valve-opening time of a fuel injection valve -- \*\*\*\* -- the minute flow characteristics of a fuel

injection valve can be correctly grasped by learning fuel-oil-consumption dispersion when short And at the time of the learning, by holding an engine speed by the rotational frequency hold means, change of the operational status of the engine by turning on and off of an external load etc. is suppressed, and learning precision can be improved further.

[0098] Without changing the air-fuel ratio status of fuel oil consumption or a combustion chamber by rectifying ignition timing for the rotational frequency hold means in invention of a claim 3 preferentially according to invention of a claim 4, an engine speed can be held to an abbreviation fixed rotational frequency, and, therefore, learning precision can be improved further.

[0099] According to invention of a claim 5, even when the tooth-lead-angle correction of the ignition timing cannot be carried out as a matter of fact, an engine speed can be held to an abbreviation fixed rotational frequency.

[0100] According to invention of the claim 6 and the claim 7, the bad influence by change of the fuel oil consumption by the 2nd injection operation of a fuel injection valve can be eliminated, and the effect by invention of a claim 1 can fully be acquired.

[0101] According to invention of a claim 8, change of fuel oil consumption can be canceled by fixing the injection time [ injection / split ] spacing at the time of learning of fuel-injection dispersion at abbreviation regularity, and learning precision can be raised as much as possible.

[0102] According to invention of a claim 9, the torque change when starting or ending learning of fuel-oil-consumption dispersion can be prevented.

[0103] Moreover, according to the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine concerning invention of a claim 10, only when the injection time spacing between the 1st injection operations [ 2nd ] by the fuel injection valve becomes more than a predetermined time interval, change of fuel oil consumption can fully learn fuel-oil-consumption dispersion with high precision in the state of the parvus like invention of \*\*\*\* and the claim 1 to learn the deflection status of fuel oil consumption.

[0104] Furthermore, according to the fuel control system of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine concerning invention of a claim 11, when an injection time spacing learns the deflection status of fuel oil consumption also in the time of the parvus rather than a predetermined time interval, a fall of learning precision can be suppressed to the minimum extent by being able to raise a learning frequency and turning a weighting up according to the reliability of learning.

#### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the outline configuration of this invention.

[Drawing 2] It is the whole fuel-control-system block diagram of the jump-spark-ignition formula direct-injection engine concerning the operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] It is the perspective diagram showing the outline structure of the cylinder internal combustion glow room of an engine.

[Drawing 4] It is drawing showing an example of a control map which set up each operating range in the stratification combustion mode of an engine, the strike \*\*\*\*\* mode, and the \*\*\*\*\* mode.

[Drawing 5] It is the timing-diagram view showing the fuel injection timing of an engine.

[Drawing 6] It is the flow chart view showing the procedure of a fuel-injection control.

[Drawing 7] It is explanatory drawing having shown various kinds of control maps used for a fuel-injection control.

[Drawing 8] It is explanatory drawing showing an injector flow-characteristics map and the technique of the learning correction.

[Drawing 9] It is drawing showing the output characteristics of O2 sensor to change of an air-fuel ratio.

[Drawing 10] It is the flow chart view showing the operation procedure of feedback correction value.

[Drawing 11] It is the timing-diagram view matching and showing change of the feedback correction value at the time of feedback control, and O2 sensor output.

[Drawing 12] It is the graphical representation of the experimental data which matched with the injection time spacing a mode that originated in the 1st injection operation of a fuel injection valve, and the fuel oil consumption by the 2nd injection operation was changed, and showed it.

[Drawing 13] It is the flow chart view showing the procedure of a learning control in case an engine is idle operational status.

[Drawing 14] It is explanatory drawing in which having matched the correspondence relation between the operation air-fuel ratio of an engine, and an output torque with change of ignition timing, and having shown it.

[Drawing 15] It is the flow chart view showing the procedure of a learning control in case an engine is in a uniform combustion zone.

[Drawing 16] It is a 15 about drawing view concerning other operation gestalt which rectified fuel injection timing of an injector so that an injection time spacing might become long.

[Drawing 17] It is a 15 about drawing view concerning other operation gestalt which was made to carry out a parvus weighting relatively [ value / learning / when an injection time spacing is short ].

[Description of Notations]

A The fuel control system of a jump-spark-ignition formula direct-injection engine

1 Engine

2 Cylinder

5 Piston

6 Combustion Chamber

12 Injector (Fuel Injection Valve)

30 O<sub>2</sub> Sensor (Air-fuel Ratio Detection Means)

40 Control Unit (ECU)

40a Split injection control means

40b Learning-control means

40c Fuel-injection-timing setting means

40d Rotational frequency hold means

40e Ignition-timing control means